

Belo Horizonte 27 a 31 janeiro 1997

XII Simpósio Nacional de Ensino de Física

Novos Horizontes

*Educação permanente
Novas tecnologias
Inovações curriculares*

Atas

Organizadores

*Oto Neri Borges
Arthur Eugênio Quintão Gomes
José Peixoto Pereira Filho
João Antônio Filocre Saraiva
Maria Cristina Dal'Pian Nobre*

Promoção



Sociedade Brasileira de Física

Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física

Belo Horizonte, 27 a 31 de janeiro de 1997

Tema: Novos Horizontes: Educação Permanente, Novas
Tecnologias e Inovações Curriculares

Organizadores
Oto Neri Borges
Arthur Eugênio Quintão Gomes
José Peixoto Pereira filho
João Antônio Filocre Saraiva

Belo Horizonte,
Dezembro de 1997

@ Sociedade Brasileira de Física

Editoração eletrônica:

Júnia Christina Almeida Silva

Luciana Patricia Silva Verneque

Sociedade Brasileira de Física

Atas do XII Simpósio Nacional de ensino de Física. Belo Horizonte: UFMG/CECIMIG/FAE, 1997.

p. 788

1. Ensino de Física; 2. Simpósio; 3. educação permanente; 4. novas tecnologias; 5. inovações curriculares;

Comissões

Comissão de ensino da Sociedade Brasileira de Física

Prof. Dra. Maria Cristina Dal Pian Nobre - UFRN
Prof. Dr. Olival Freire Jr.- UFBA
Prof. Dra. Umbelina Giacometti Piubeli - UFMGS
Profa. Virginia Mello Alves - UFPe
Profa. Glória Regina Campello Queiroz - Espaço UFF de Ciências

Comissão Organizadora

Prof. Dr. Oto Neri Borges - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. João Antônio Filocre Saraiva - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. Arthur Eugênio Quintão Gomes - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Márcio Quintão Moreno - Deptº de Física - ICEX - UFMG
Prof. Dr. José Pereira Peixoto Filho - CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. Regina Pinto de Carvalho - Deptº de Física - ICEX - UFMG

Comissão Científica

Prof. Dr. Oto Neri Borges - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. João Antônio Filocre Saraiva - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. Arthur Eugênio Quintão Gomes - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. José Pereira Peixoto Filho - CECIMIG/UFMG

Arbitros dos trabalhos apresentados

Prof. Dr. Antonio Tarciso Borges - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. Jesus de Oliveira - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. Sérgio Luis Talim - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Francisco de Lopez Borja de Prado - UFMG
Profa. Johanna Álida Elizabeth Knecht Lopez Prado - UFMG
Prof. Dr. Oto Neri Borges - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. João Antônio Filocre Saraiva - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. Arthur Eugênio Quintão Gomes - Colégio Técnico & CECIMIG/UFMG
Prof. Dr. José Pereira Peixoto Filho - CECIMIG/UFMG

Apoios Recebidos

- Conselho Nacional de Pesquisas - CNPq
- Fundação Capes
- Financiadora de Estados e Projetos - FINEP
- Secretaria de Ensino Superior - SESu/MEC
- Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG
- Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo - FAPESP
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul - FAPESRG
- Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro - FAPERJ
- Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais - SEE-MG
- Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia - SECT-MG
(SECTMG/SEEMG/Pró-Ciências)
- Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
 - Pró-Reitorias de Pesquisas, Pós-graduação, Graduação e Extensão
 - Instituto de Ciências Exatas
 - Departamento de Física - ICEX
 - Departamento de Ciências da Computação - ICEX
 - Centro de Ensino de Ciências e Matemática - CECIMIG
 - Colégio Técnico - UFMG
- Editora Formato Ltda
- Editora Scipione Ltda

Apresentação

Ao preparar a edição das Atas do XII Simpósio nacional de Ensino de Física, que realizou-se de 27 a 31 de janeiro de 1997, em Belo Horizonte, MG, tivemos em mente que não nos foram delegadas funções de editores. Dessa forma, optamos por não executar as funções editoriais típicas e apenas procuramos dar uma certa uniformidade de formatação aos originais entregues para publicação, mantendo o texto conforme digitado e revisto pelos autores. Apesar disso, alguns poucos originais que não foram apresentados segundo a norma, tiveram de ser mais editados e por isso podem não expressar a integridade do texto original ou a intenção dos autores. Devido ao acúmulo de serviços e algumas dificuldades operacionais, as Atas saem com algum atraso. Apresentamos nossas desculpas pelos transtornos causados aos colegas e participantes.

Mais uma vez, agradecemos a todos aqueles que gentilmente colaboraram para a realização deste evento. Todos os que acompanharam a organização do simpósio sabem da exequidade do tempo de que dispusemos para prepará-lo, já que apenas durante o V EPEF, realizado em Águas de Lindóia, em setembro de 1996, nos foi confiada essa responsabilidade. A colaboração de inúmeros colegas e a enorme dedicação de uma pequena equipe de funcionários do Colégio Técnico e CECIMIG tornou possível este evento.

Registramos nossos agradecimentos às diversas agências de Fomento que apoiaram a realização deste XII SNEF, as Secretarias de Estado de Educação e de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais que apoiaram a participação de professores de ensino médio de Minas Gerais. Agradecemos, ainda eespecialmente, à direção do Instituto de Ciências Exatas da UFMG que acolheu este Simpósio, à direção do Colégio Técnico que sediou sua secretaria e, finalmente, a confiança em nós depositada pela Sociedade Brasileira de Física.

Os Organizadores

Sumário

<i>Sumário</i>	6
MEDALHA DE HONRA AO MÉRITO NO ENSINO DE FÍSICA	14
DISCURSO DE AGRADECIMENTO	
<i>Beatriz Alvarenga</i>	15
CONFERÊNCIAS	24
NOVOS HORIZONTES NA FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS PARA CIÊNCIA E TECNOLOGIA	
<i>Waldimir Pirró e Longo, Ariovaldo Bolzan</i>	25
FÍSICOS FLEXÍVEIS: ENVELHECIMENTO, COMPUTADORES, MATRIZES E NITERÓI	
<i>A. F. R. de Toledo Piza</i>	34
RECUPERAÇÃO BIOLÓGICA DE METAIS	
<i>Regina Pinto de Carvalho</i>	56
A ALQUIMIA E O SINCRETISMO RACIONAL DE NEWTON - EXPERIMENTOS, SÍMBOLOS E METÁFORAS: NOVA LINGUAGEM, NOVA PERCEPÇÃO	
<i>Amélia Império Hamburger</i>	61
MODELOS MENTAIS	
<i>A. Tarciso Borges</i>	71
O CÉREBRO COMO UM SISTEMA COMPLEXO ATUANDO NUM NÍVEL QUÂNTICO	
<i>Alfredo Gontijo de Oliveira</i>	90
MESAS REDONDAS	99
PESQUISA EM ENSINO E FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA	
<i>Jesuína Lopes de Almeida Pacca</i>	100
ALTERNATIVAS PARA O MODELO DE APRENDIZAGEM PRESENCIAL NA FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE FÍSICA	
<i>Susana de Souza Barros</i>	108
MUSEUS INTERATIVOS	
<i>Prof. Roque Moraes</i>	113
O USO DE JORNAIS E REVISTAS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS	
<i>Guaracira Gouvêa de Sousa</i>	121
OS CENTROS DE CIÊNCIAS, OS CENTROS DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES	
<i>Laércio Ferracioli</i>	127

O USO DA INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO	
<i>Ângelo de Moura Guimarães</i>	132
A INFORMÁTICA NOS CURSOS DE LICENCIATURA	
<i>Marcos da Fonseca Elia</i>	151
INFOVIAS DE INFORMAÇÃO: NOVOS HORIZONTES PARA A FORMAÇÃO DO PROFESSOR	
<i>Mauro Cavalcante Pequeno</i>	158
A FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS PARA OS TEMPOS ATUAIS	
<i>Antônio Cláudio Gómez de Sousa</i>	170
O CICLO BÁSICO: CRÍTICAS AO MODELO ATUAL E PERSPECTIVAS DE INOVAÇÕES	
<i>José Guilherme Moreira</i>	180
COMUNICAÇÕES ORAIS.....	184
CONFLITO COGNITIVO EM SALA DE AULA: ATIVIDADE DESENCADEADORA DOS PROCESSOS	
<i>Dirceu da Silva, André Ferrer Pinto Martins</i>	185
VERIFICAÇÃO DA RETENÇÃO DA APRENDIZAGEM DE UM CURSO DE FÍSICA TÉRMICA	
<i>Dirceu da Silva, Victoriano Fernandez Neto</i>	196
INTERPRETAÇÕES DA MECÂNICA QUÂNTICA EM ALUNOS DO CURSO DE FÍSICA DA USP	
<i>Roberto Luiz Montenegro, Osvaldo Pessoa Jr.</i>	202
UM INSTRUMENTO PARA IDENTIFICAR ELEMENTOS DE UM MAPA CONCEITUAL	
<i>Rebeca Vilas Boas Cardoso de Oliveira, Yassuko Hosoume</i>	207
REFORMULAÇÃO DO CURRÍCULO DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO EM MINAS GERAIS: VERSÃO PRELIMINAR DO CURRÍCULO PROPOSTO	
<i>Oto Neri Borges, Antônio Tarciso Borges, Arthur Eugênio Quintão Gomes, Eduardo Adolfo Terrazzan</i>	213
FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO 2º GRAU	
<i>Isa Costa, Lucia da Cruz de Almeida e Marly da Silva Santos</i>	227
O FUNCIONAMENTO DE ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NAS SÉRIES INICIAIS	
<i>Paulo César de Almeida Raboni, Maria José P.M. de Almeida</i>	231
ANÁLISE DE DIÁRIOS DE BORDO NO ÂMBITO DE UM CURSO DE FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE FÍSICA	
<i>Sandro Rogério Vargas Ustra, Eduardo A. Terrazzan</i>	235
CAPACITAÇÃO DE PROFESSORES EM SERVIÇO: UMA PROPOSTA DE INTERAÇÃO PESQUISA EM ENSINO - ESCOLA DE 1º GRAU	
<i>Rita de Cássia de Alcântara Braúna, Angela Maria de Carvalho Maffia, Cleidelene Ramos Guimarães</i>	247
A PRÁTICA DOCENTE DO PROFESSOR DE FÍSICA DO 3º GRAU	
<i>Aguida Celina de Méo Barreiro</i>	256

DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DE PROFESSORES SOB UMA ÓTICA SÓCIO-LINGÜÍSTICA	
<i>Arnaldo Vaz</i>	263
A IMPORTÂNCIA DA REFLEXÃO SOBRE A PRÁTICA NA QUALIFICAÇÃO DA FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR DE FÍSICA	
<i>Elsa Garrido e Anna Maria P. de Carvalho</i>	267
PARA LIDAR COM O MUNDO REAL, A FÍSICA ESCOLAR TAMBÉM PRECISA SER QUÂNTICA	
<i>Luis Carlos de Menezes, Yassuko Hosoume</i>	282
ANÁLISE PRELIMINAR DOS PAPÉIS DA PROVA NUM CURSO BÁSICO DE FÍSICA NA VISÃO DE UM PROFESSOR	
<i>Cezar Cavanha Babichak, Maria José P. M. de Almeida</i>	286
PRODUÇÃO DE UM PLANEJAMENTO PARA ENSINAR MECÂNICA NO MAGISTÉRIO	
<i>Fátima Cruz Sampaio, Jesuína Lopes de Almeida Pacca</i>	290
CAUSALIDADE E LEIS DA FÍSICA	
<i>José Lourenço Cindra</i>	294
OS DEDÕES DE GALILEU	
<i>Walter Duarte de Araújo Filho, Norberto Cardoso Ferreira</i>	300
O ESPALHAMENTO RUTHERFORD REVISITADO	
<i>Maria Inês Nobre Ota</i>	304
RELATOS SOBRE A “MOSTRA INTERATIVA DE CIÊNCIAS: BRINCANDO TAMBÉM SE APRENDE FÍSICA E ASTRONOMIA”	
<i>Rogério Pohlmann Livi, Silvia Helena Becker Livi</i>	310
PRODUÇÃO, AVALIAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM VÍDEO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA - RADIAÇÃO CÓSMICA	
<i>O.S.Pereira, E.W.Hamburger, M.G.Tassara e D.R.S.Bittencourt</i>	314
ESTAÇÕES DO ANO - UMA ATIVIDADE PARA O 2º GRAU	
<i>Cezar Cavanha Babichak, Marcelo de O. Terra Cunha, Maria José P. M. de Almeida</i>	327
UMA ANÁLISE DAS NOVAS RECOMENDAÇÕES PARA O CÁLCULO DE INCERTEZAS EM MEDIÇÕES FÍSICAS	
<i>Roberto A. Stempniak</i>	332
ABORDAGEM DA FÍSICA NÃO LINEAR ATRAVÉS DE UM OSCILADOR MECÂNICO	
<i>Klaus Weltner, Sérgio Esperidião, Roberto Andrade</i>	336
UMA ANÁLISE DE PROPOSTAS DE ENSINO DE 2º GRAU ATRAVÉS DA ESTRUTURA CONCEITUAL DO ELETROMAGNETISMO	
<i>Sandra Del Carlo, Maria Inês Nobre Ota, Yassuko Hosoume</i>	342
CONCEPÇÕES PRÉVIAS, LINGUAGEM E LIVROS DIDÁTICOS: IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS	
<i>Lucillana de Moraes Silveira, Eduardo Adolfo Terrazzan</i>	348
COMO, QUANDO E O QUE SE LÊ EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	
<i>Henrique César da Silva, Maria José P. M. de Almeida</i>	352

LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA NO BRASIL (1910-1960)	
<i>Viviane da Silva, Yassuko Hosoume</i>	357
MUDANÇA CONCEITUAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS UMA BREVE REVISÃO	
<i>Orlando Aguiar Jr. e João Filocre Saraiva</i>	360
UMA AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE PESQUISA DE APRENDIZAGEM POR MUDANÇA CONCEITUAL	
<i>Orlando Aguiar Jr. e João Filocre Saraiva</i>	374
PAINÉIS	387
VERIFICAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE CONCEITOS ESPONTÂNEOS POR CONCEITOS CIENTÍFICOS EM UM CURSO DE ÓTICA GEOMÉTRICA	
<i>Jésus de Oliveira e Sérgio L. Talim</i>	388
UM MODELO SIMPLES E DE BAIXO CUSTO PARA O TUBO DE RAIOS CATÓDICOS - CONSTRUÇÃO E APLICAÇÕES	
<i>Ferdinand Martins da Silva, Maria Beatriz Fagundes, Norberto Cardoso Ferreira</i>	391
PROBLEMAS ABERTOS EM INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	
<i>Fernando Cesar Ferreira, Moacyr Ribeiro do Valle Filho</i>	394
IDENTIFICAÇÃO DE MODELOS MENTAIS EM ALUNOS DE FÍSICA GERAL, NA ÁREA DE MECÂNICA	
<i>Isabel Krey, Marco Antonio Moreira, Ileana Greca, Maria do Carmo B. Lagreca, Mauro Costa de Andrade, Alessandro Aquino Bucussi, Luciana Mallmann</i>	397
ALGUMAS ATIVIDADES DE ENSINO VISANDO ALTERAÇÕES NAS CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES SOBRE ASPECTOS DO CAMPO GRAVITACIONAL TERRESTRE.	
<i>Luiz Eduardo da Costa Ferreira, Roberto Nardi</i>	409
EXPLORANDO A FÍSICA DO COTIDIANO	
<i>Eduardo de Campos de Valadares, Alysso Magalhães Moreira</i>	415
AS PERGUNTAS DO LEITOR EM PUBLICAÇÕES DE DIVULGAÇÃO	
<i>Lilian Cristiane Almeida dos Santos, Sônia Salém</i>	420
UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA DA FÍSICA NUCLEAR	
<i>Maria Cristina M. Martins</i>	426
UTILIZAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS NA RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR DO ENSINO DE FÍSICA NA UFAC	
<i>Alejandro Fonseca Duarte, Murilena Pinheiro de Almeida, Maria do Carmo Cunha Forneck, José Carlos da Silva Oliveira, Antônio Maria Freire Passos, Francisco Eulalio Alves Santos, Reginaldo Fernando Ferreira de Castelo, Maria do Socorro D'Avila do Nascimento</i>	441
UMA NOVA ABORDAGEM DA FÍSICA DO VÔO	
<i>Weltner, Klaus</i>	444
O CALDEIRÃO COMO CALORÍMETRO EM CLASSE	
<i>Weltner, Klaus e Miranda, Paulo</i>	453

SIMULAÇÃO DE MOVIMENTOS NUM CAMPO CENTRAL BACIA DE KEPLER	
<i>Paulo Miranda e Klaus Weltner</i>	462
MEDIDAÇÃO DE CALOR ESPECÍFICO DO AR EM CLASSE	
<i>Klaus Weltner</i>	471
DEMONSTRAÇÃO DAS OSCILAÇÕES FORÇADAS E DA CURVA DA RESSONÂNCIA EM CLASSE	
<i>Klaus Weltner; Paulo Miranda, Sérgio C A Esperidião</i>	475
MESA GIRANTE - EXPERIMENTOS DIVERSOS	
<i>Weltner, Klaus e Miranda, Paulo</i>	480
O ENSINO DE FÍSICA E A APROPRIAÇÃO DO CONHECIMENTO FÍSICO	
<i>Yukimi Horigoshi Pregnolato</i>	485
LABORATÓRIO PARA DEMONSTRAÇÕES PROJETOS E MODELOS	
<i>Miranda, Paulo e Weltner, Klaus</i>	495
PRODUÇÃO E ELABORAÇÃO DE UM KIT DE TRABALHO PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA EM AULO, DIRIGIDO À ESCOLAS ELEMENTARES	
<i>Horácio Tignanelle, Rute Helena Trevisan, CleitonJoni Benetti Lattari</i>	497
PROJETOR DE SLIDES DE BAIXO CUSTO : UTILIZAÇÃO COMO INSTRUMENTO ÓPTICO E COMO MATERIAL INSTRUCIONAL	
<i>Angela Camargo</i>	499
UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR COMO INSTRUMENTO DE ENSINO - UMA PERSPECTIVA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	
<i>Josimar M. Ferreira , Valquíria R. de Carvalho Martinho, José de S. Nogueira, Carlos Rinaldi, Sérgio R. de Paulo</i>	502
UTILIZANDO O MICROCOMPUTADOR PARA ANÁLISE DE DADOS	
<i>Márcio Vinicius Corrallo, Armando Massao Tagiku</i>	513
INFORMÁTICA E ENSINO: VISÃO CRÍTICA DOS <i>SOFTWARES</i> EDUCATIVOS E DISCUSSÃO SOBRE AS BASES PEDAGÓGICAS ADEQUADAS PARA O SEU DESENVOLVIMENTO.	
<i>Dirceu da Silva, Paulo Sérgio Marchelli</i>	517
A HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO SUBSÍDIO PARA ENTENDER AS DIFICULDADES DOS ESTUDANTES SOBRE VISÃO EM SALA DE AULA	
<i>Marcelo Alves Barros & Anna Maria Pessoa de Carvalho</i>	526
CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ALUNOS DA 8 ^A SÉRIE E DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS EM SERVIÇO SOBRE FASE E MUDANÇA DE FASE	
<i>Eliane de Oliveira Vicente, Sonia Krapas, Glória Queiroz, Rita de Cássia A.Costa, Genise de M. Freitas, Fátima Castanha, Renato C. dos Santos, Marcia Serra Ferreira</i>	540
VISÃO DE ESTUDANTES SOBRE A INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO 2 ^o GRAU	
<i>O.S.Pereira</i>	551
QUANTO TEMPO O TEMPO TEM ? DAS CONCEPÇÕES DE ALUNOS À ATUALIZAÇÃO DE PROFESSORES	
<i>Marcia Serra Ferreira , Marília Faria da Costa</i>	559

UM INSTRUMENTO PARA DETECTAR CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA <i>João Batista Siqueira Harres</i>	568
VISÕES DE MUNDO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS: APLICAÇÃO NO BRASIL DO QUESTIONÁRIO DE OGUNNIYI E OUTROS <i>João Batista S. Harres, Paulo R. Frota, José Augusto C. M. Sobrinho</i>	574
CLUBE DE ASTRONOMIA COMO ESTÍMULO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E FÍSICA <i>Rute Helena Trevisan, CleitonJoni Benetti Lattari</i>	580
A VISÃO DO MUNDO ELETROSTÁTICO CONSTRUÍDA POR PROFESSORES DO 2º GRAU <i>Yukimi H. Pregnotatto</i>	585
AS CONCEPÇÕES DE PROFESSORES SOBRE AVALIAÇÃO <i>Anna Maria Pessoa de Carvalho, Andréa Infantsi Vannucchi</i>	597
PLANEJAMENTOS DIDÁTICOS: UMA AGENDA DE INVESTIGAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NA ESCOLA MÉDIA <i>Eduardo Adolfo Terrazzan, Dulce Maria Strieder</i>	606
APERFEIÇOAMENTO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS ASTRONOMIA NO PRIMEIRO GRAU: CÁLCULO DO RAIOS TERRESTRE <i>Rute Helena Trevisan, Vanessa M. Barbieri de Castro, CleitonJoni Benetti Lattari</i>	614
EDUCAÇÃO CONTINUADA NO ENSINO DE 1o. E 2o. GRAUS: O CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA DA UNESP - CÂMPUS DE BAURU <i>Roberto Nardi, Lydia S. R. Ruiz, Elaine S.O. Rodini, Irene B.F. Vicentini, Lucidio S. Santos, Mauri C. Nascimento</i>	618
ARTICULAÇÃO DA UNIVERSIDADE COM O ENSINO DE 1o. E 2o. GRAUS: AS ATIVIDADES DO PROJETO “AÇÕES INTEGRADAS PARA A MELHORIA DO ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA REGIÃO DE BAURU” <i>Roberto Nardi</i>	622
UMA PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA NA UNESP <i>Roberto Nardi, José Misael do Vale, Maria Sueli Arruda, Momotaro Imaizumi</i>	626
PROJETOS DE FORMAÇÃO CONTINUADA E SUAS PERSPECTIVAS DE MUDANÇAS <i>Rita C. A. Braúna, Isilda Sampaio Silva</i>	633
OBSTÁCULOS E POSSIBILIDADES PARA A IFMC NO 2º GRAU <i>Marly da Silva Santos, Lúcia da Cruz de Almeida, Isa Costa</i>	637
CURSO DE FORMAÇÃO EM SERVIÇO DE PROFESSORES DO 1º GRAU EM ASTRONOMIA <i>Sérgio M. Bisch, Yassuko Hosoume, Cristina Leite</i>	643
A EVOLUÇÃO DAS IDÉIAS SOBRE A ESTRUTURA DA MATÉRIA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DA FÍSICA <i>Eduardo Adolfo Terrazzan, Silvete Coradi Guerini, Sandro Rogério Vargas Ustra</i>	650

DIDÁTICA NO ENSINO DE ASTRONOMIA: MEDINDO A INCLINAÇÃO DO EIXO DA TERRA	
<i>Rute Helena Trevisan, Edmilson de Souza, Cleiton Joni Benetti Lattari</i>	659
A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS BÁSICOS EM CIÊNCIAS: O HORIZONTE NA ASTRONOMIA	
<i>Rute Helena Trevisan, Patrícia Fortes, Cleiton Joni Benetti Lattari</i>	662
UM ENFOQUE ALTERNATIVO PARA A DISCIPLINA DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO (LICENCIATURA E BACHARELADO)	
<i>José Pedro Donoso</i>	667
OS OBJETIVOS DO LABORATÓRIO DIDÁTICO NA UNIVERSIDADE: UMA ENQUETE ENTRE ALUNOS E PROFESSORES DO IFUSP	
<i>L.B. Horodynski-Matsushigue, P. R. Pascholati, M. Moralles, M.-L. Yoneama, J.F. Dias e P.T.D. Siqueira</i>	672
O EFEITO FOTOELÉTRICO NO 2º GRAU - UMA PROPOSTA	
<i>Eduardo de Paula Cordeiro, Mauro Costa da Silva</i>	676
APROXIMANDO CONTEÚDO ESCOLAR E CONTEXTO VIVENCIAL DO ESTUDANTE NO ENSINO DE FÍSICA	
<i>Décio Auler, Eduardo Adolfo Terrazzan</i>	686
ASSESSORIA NA AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE ASTRONOMIA DOS LIVROS DE CIÊNCIAS PRIMEIRO GRAU	
<i>Rute Helena Trevisan, Cleiton Joni Benetti Lattari, João Batista Garcia Canalle</i>	696
UMA ANÁLISE CRÍTICA DA ABORDAGEM DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA EM LIVROS DE FÍSICA BÁSICA.	
<i>Carlos Daniel Ofugi Rodrigues, Mauricio Pietrocola de Oliveira</i>	701
GRAF - FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM SERVIÇO	
<i>Anna Cecília Copelli, Wilton da Silva Dias, Yassuko Hosoume, João Martins, Luís Carlos Menezes, Suelly Baldin Pelaes, Jairo Alves Pereira, Luís Paulo de C Piassi, Isilda Sampaio Silva, Dorival Rodrigues Teixeira, Carlos Toscano</i>	705
A MECÂNICA DO GREF: UMA PROPOSTA PARA A SALA DE AULA	
<i>Wilton da Silva Dias, Luís Paulo de Carvalho Piassi, Luís Carlos de Menezes, Yassuko Hosoume</i>	707
ELETROMAGNETISMO-GREF: NOVAS FORMAS E CONTEÚDOS	
<i>Yassuko Hosoume, Carlos Toscano, João Martins</i>	711
DESENVOLVIMENTO DE “SOFTWARES” PARA O ENSINO DE FÍSICA BÁSICA	
<i>J. M. Póvoa, D. Garcia, D. Fontolan, H. T. da Silva, J. R. Alves</i>	714
CHERNOBYL E HIROXIMA: LIÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE UMA CONSCIÊNCIA SOBRE A QUESTÃO NUCLEAR	
<i>Ozimar Silva Pereira</i>	724
A LEI DE HOOKE E A AVALIAÇÃO DE PRESERVATIVOS - A INTEGRAÇÃO DA FÍSICA COM A DISCIPLINA DE ORIENTAÇÃO SEXUAL PARA A PREVENÇÃO DA AIDS	
<i>O. S. Pereira e A.C. Egypto</i>	735

VÍDEO-DEBATE - UMA ATIVIDADE EXTRA-CLASSE	
<i>Anderson Fabian Ferreira Higino, Olísia de Oliveira Damasceno</i>	739
MÓDULO DIDÁTICO PARA ENSINO DE CORES: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA	
<i>Gerson G. Gomes, Maurício Pietrocola</i>	743
INTERCÂMBIO DE TRABALHOS PRÁTICOS DE FÍSICA KAZAN - UNIUIJÍ	
<i>Fabiana Cazarolli, Helio Bonadiman e Rafkat Toukhyatoulline</i>	746
VALIDADE E LIMITAÇÕES DE MODELOS NA INTERPRETAÇÃO DE DADOS EM LABORATÓRIO DE TERCEIRO GRAU: ALGUNS ASPECTOS DE FLUIDODINÂMICA	
<i>Marcos Amaku, Lighia B. Horodynski-Matsushigue, Paulo T. D. Siqueira, Paulo R. Pascholati, Ruy M. de Castro, Wayne A. Seale e José H. Vuolo</i>	751
O JOGO DE DADOS COMO ILUSTRAÇÃO DE CONCEITOS IMPORTANTES NA TEORIA ESTATÍSTICA DE ERROS	
<i>P.T.D. Siqueira, L.B. Horodynski-Matsushigue, P.R. Pascholati, V.R. Vanin, M.-L. Yoneama, J.F. Dias, M. Amaku e J.L.M. Duarte</i>	756
A HISTÓRIA DA CIÊNCIA, A FILOSOFIA DA CIÊNCIA, E O ENSINO DA MECÂNICA QUÂNTICA	
<i>André Ferrer Pinto Martins - Edmundo Graballos Júnior</i>	762
AS INTERFACES DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA	
<i>Edmundo Graballos Júnior, André Ferrer Pinto Martins</i>	766
A PROBLEMÁTICA DO ENSINO DE FÍSICA NA MICRO-REGIÃO DO CARIRI - CE	
<i>Francisco Augusto S. Nobre, Cicera A. Guedes</i>	770
DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA NO OPTICKS DE NEWTON	
<i>Edison Amaro da Silva, Amélia Império Hamburger</i>	773
“TOTALIDADE” NA VISÃO REALISTA DA COMPLEMENTARIDADE DE DAVID BOHM	
<i>Tanimara Soares da S. Amadeu</i>	776
A COMPLEMENTARIDADE À LUZ DO NOVO ESPÍRITO CIENTÍFICO	
<i>Maria Beatriz Fagundes, João Zanetic</i>	780
IMÃS E ELETROÍMAS “PRODUÇÃO DE UM VÍDEO DIDÁTICO	
<i>Árjuna C. Panzera; Ivânia C. Moraes</i>	785
FUNDAMENTOS DE ASTRONOMIA - UM CURSO PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS	
<i>Árjuna C. Panzera; Simone de Pádua Tomáz</i>	786

**Medalha de Honra ao
Mérito no Ensino de Física**

DISCURSO DE AGRADECIMENTO

Beatriz Alvarenga

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Ao acolher essa homenagem, certamente a mais significativa que recebi em minha longa carreira de trabalhadora do ensino, quero agradecer comovida a todas as pessoas que colaboraram para que esse caminho pudesse ser trilhado: parentes, amigos, colegas, funcionários das instituições nas quais atuei, ex-alunos, professores do 1º, 2º e 3º graus, todos que lutaram comigo ombro a ombro nas batalhas que tentei empreender, que influíram nas oportunidades que me foram oferecidas, que partilharam dos meus momentos de alegria e eventuais sucessos, que me consolaram nas dificuldades e decepções ...

Ao apresentar a todos o meu emocionado “muito obrigada”, desculpo-me por omitir nomes, do enorme rol que deveria aqui listar, pois o tempo de que disponho seria insuficiente para isto, tantos são aqueles com os quais, para ser justa, devo repartir a honra que ora recebo.

De maneira especial, dirijo-me aos colegas que compõem a comissão de ensino da Sociedade Brasileira de Física e à comissão local, organizadora do XII Simpósio Brasileiro de Ensino de Física, os quais indicaram meu nome para ser alvo dessa distinção, agradecendo-lhes o privilégio que me concederam. Aos membros do Conselho da Sociedade de Física, aqui representado pelo seu presidente, Prof. Francisco César de Sá Barreto, que instituiu a medalha de Honra ao Mérito no Ensino de Física e ratificou a indicação do meu nome, também de público manifesto minha gratidão.

Finalmente, não podia deixar de manifestar meu reconhecimento ao Prof. Ramayana Gazinelli, pela carinhosa saudação que acaba de me fazer. Ex-aluno, colega, chefe, sempre acompanhei sua carreira e sou testemunha da seriedade com que desenvolve seu trabalho e do sucesso que alcançou nos diversos cargos que ocupou. É com orgulho e satisfação que guardarei suas palavras. Recebo-as, porém, mais como as de um grande amigo. Obrigada por ter compartilhado comigo em todos esses longos anos de convivência, preocupações, desânimos, lamentações, mas também, alegrias, entusiasmos e vitórias. Estendo esses agradecimentos à Alzira, da qual sempre recebi incentivos e manifestações de carinho.

A maioria dos que aqui estão presentes, já me conhecem de longa data e sabem que estou sendo sincera ao afirmar que não me sinto bem em ocasiões como esta. De fato, minha primeira reação ao ter notícia da homenagem, foi de recusar a medalha e tomar decisão semelhante a do meu conterrâneo ilustre, Carlos Drummond de Andrade, que simplesmente não aceitava as honrarias que tentavam lhe prestar.

Este momento não se apresenta pois, para mim, repleto de felicidade, como talvez devesse ser, para quem recebe um prêmio tão

significativo. O encontro com o destino, praticamente cumprido, que esta solenidade me faz lembrar, provocam, em mim, certa confusão: as reações do cérebro e do coração se misturam, tornando-se difícil decifrá-las.

A alegria que sinto pelo reconhecimento do meu esforço - é assim que me enxergo, uma esforçada inveterada - se confunde com o *flashback* de cenas do passado, com sentimento de frustração por oportunidades perdidas e dúvidas me assaltam sobre o mérito da homenagem. Essas lembranças e reflexões não ocorrem sem amargura . . .

Após o impacto inicial, pensando um pouco mais, acabei por mudar o rumo da minha primeira reação, o que sempre acontece comigo, mas não com o Drummond. Talvez a porcentagem de ferro em sua alma itabirana fosse maior do que a da minha e por isto ele se mostrou mais forte e menos vaidoso. Provavelmente, por isto, aqui estou . . .

Não pretendia lhes tomar mais tempo com meus “complexos de culpa” mas, segundo a programação desta cerimônia deverei lhes falar sobre o meu trabalho e o ensino da Física.

Na minha idade e tendo começado a lecionar aos 16 anos, vocês podem imaginar que teria muita história para contar. Como nossa memória vai se desgastando com o passar dos anos, para atualizar minhas lembranças teria que escarafunchar os “ninhos de rato” dos meus arquivos. Deste modo poderia descrever, por minhas próprias observações, a evolução do ensino de Física no Brasil durante 60 anos, desde 1935, quando comecei a estudar ciências no ginásio, até os nossos dias, pois até hoje, tento me manter atualizada sobre o “estado da arte” nessa área.

Mas, não se assustem, não vou lhes pregar essa peça, observem que todos os verbos foram escritos no condicional e eu não iria impor esse sacrifício a pessoas que estão me homenageando. Hoje, lhes apresentarei apenas alguns *lashes* dessa novela.

Vamos começar analisando o que ocorria no Brasil, com o ensino de Física, na 2ª metade da década de 30. Em um colégio de Belo Horizonte, considerado de bom nível, que educava com esmero senhoritas da sociedade belorizontina, praticamente nada se aprendia de Física, de Química ou de Biologia. Enquanto isto, o ensino de Matemática e outras matérias (Português, Francês, Inglês, História, etc.) já era bem razoável. Qual seria a causa dessa diferença? Os professores que lecionavam as disciplinas científicas eram improvisados, sem formação específica, enquanto o de Matemática era engenheiro, professor de Cálculo na Escola de Engenharia, e com bom conhecimento da matéria (a formação matemática para os engenheiros era bastante enfatizada). Outro fator seria a qualidade dos livros didáticos. Quase todos eram publicados por uma única editora F.T.D. (que existe ainda hoje). Os manuais de Física da F.T.D. se limitavam a apresentar algumas “noções de cousas”, definições das grandezas mais conhecidas (mesmo aquelas que não deveriam ser) e uma copiosa descrição de aparelhos. Não propunham exercícios, problemas ou atividades experimentais e, a avaliação da

aprendizagem era feita apenas para testar a memorização dos tópicos estudados. Saí do ginásio (um curso secundário de 5 anos, feito após um primário de 4 anos) sem saber o que era uma lei física e sem conhecer qualquer uma delas: nem as leis de movimento de Newton, nem as da termodinâmica e muito menos as do eletromagnetismo. Sabia, apenas de cor o enunciado de alguns princípios, sem entendê-los. Por exemplo: a lei de Newton da gravitação, “a matéria atrai a matéria na razão direta das massas e na razão inversa do quadrado das distâncias; o princípio de Arquimedes, “todo corpo mergulhado em um fluido recebe um impulso vertical de baixo para cima igual ao peso do fluido deslocado”; a lei de Boyle e as leis da reflexão e da refração, enunciadas de maneira semelhante.

Na primeira metade da década de 40, já na Escola de Engenharia, poucas alterações havia em nossos cursos: professores alguns bons e competentes e, outros péssimos. Os livros eram ainda escassos e os caderninhos de anotações vigoravam, acentuando ainda mais a influência do professor no processo de aprendizagem. Nas matérias que o professor adotava um texto adequado e o seguia, a aprendizagem era bem melhor, apesar de quase todos os textos serem em outra língua: francês e inglês (mais freqüentemente) e italiano. As traduções em espanhol eram escassas.

Infelizmente, esta situação do ensino de Física ainda prevaleceu por muitos anos e até hoje não desapareceu totalmente. Vocês devem estar pensando, “já vi este filme”: o professor não é habilitado, não adota livro texto e passa no quadro algumas noções bastante sucintas que o aluno deve copiar e decorar.

Dando um salto (cerca de 10 anos) estamos no início da década de 50. Já havia me formado em Engenharia (em 1946) e já lecionava Física no Colégio Estadual de Minas Gerais, no Colégio Santa Maria (das Dominicanas) e em alguns cursinhos. As faculdades de filosofia, recém-fundadas em alguns estados brasileiros, já ofereciam cursos superiores para a formação de professores secundários (início da preocupação com esta formação, embora, já tivéssemos, desde a 1ª metade do século 19, escolas secundárias especializadas na formação de professores primários).

Alguns professores de Física, no Rio de Janeiro e em São Paulo já tinham formação específica, mas em Minas Gerais a Licenciatura em Física foi iniciada com certo atraso em relação a outras, em Matemática, por exemplo. Assim, aqui eram ainda farmacêuticos, médicos, engenheiros (raramente, pois o número deles era pequeno e, geralmente, ocupavam cargos mais técnicos), ou mesmo curiosos pela matéria, sem curso superior, que lecionavam Física. Já havia, porém, um maior número de livros didáticos disponíveis, que nós professores podíamos adotar, embora fossem ainda descritivos, sem exercícios, nem sugestões de trabalhos experimentais e, alguns raros, com tratamento matemático bastante acentuado. Não parecia ser importante, para os autores, atingir

a sistematização dos conceitos. Quanto aos exercícios de aplicação, nessa época, surgiu um livro “900 exercícios de Física” (de autoria de um engenheiro professor da Escola Politécnica da USP, Eduardo Celestino Rodrigues) que foi largamente usado por várias gerações de estudantes, até surgir o hábito, em textos mais recentes, de serem ali inseridos, pelos próprios autores, após o desenvolvimento teórico de cada capítulo, grandes listas de exercícios.

Alguns físicos brasileiros, que se pós-graduaram nos Estados Unidos e passaram a lecionar no Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), mostravam-se preocupados com a situação precária do ensino de Física, principalmente em nossas escolas secundárias, julgando que isto poderia comprometer o nosso desenvolvimento. Também nos Estados Unidos, onde os recursos financeiros destinados à educação eram muito mais elevados que os nossos, essa mesma preocupação estava incomodando os pesquisadores e cientistas que se dispunham a colaborar para reverter o quadro de baixo nível do ensino secundário daquele país.

Sob a coordenação do físico e professor do ITA, Paulo Aulus de Pompeia, foi programado um curso de aperfeiçoamento para professores de Física de todo o Brasil, que seriam hospedados nas dependências do próprio Centro Tecnológico. De Minas Gerais, lá comparecemos, um médico, uma engenheira e um químico (hoje, Ministro da Ciência e Tecnologia) e lá permanecemos durante um mês (duração do Curso). Julgo ter sido ali que fui incentivada a prosseguir em minha carreira docente no campo da Física, abandonando, então, o ensino da Matemática que eu também lecionava. Foi muito importante para nós convivermos com os principais físicos brasileiros da época: Leite Lopes, Jayme Tiomno, César Lattes, Oscar Sala, Abrão de Moraes, além do Prêmio Nobel de Física, Richard Feynman, que estava no Brasil e, também, compareceu a São José dos Campos, pronunciando conferências e democraticamente participando de debates conosco. Ao longo de todo o curso contamos com a assistência direta do Prof. Pompeia, do Prof. Cintra do Prado (da Politécnica da USP) e de outros professores do ITA.

Embora o objetivo primordial do curso fosse incentivar os professores a introduzir atividades experimentais em suas aulas, pudemos nos beneficiar enormemente, também em outros aspectos, em que nossa formação, não específica, apresentava diversas deficiências.

Os cursos do ITA tiveram continuidade durante mais alguns anos, aperfeiçoando um razoável número de professores da nossa geração mas, infelizmente, acabaram sendo interrompidos. Foi em um deles, que foi dada a sugestão de se traduzir o texto americano, que no Brasil, passou a ser conhecido pelo nome de um de seus autores: Blackwood. A tradução cuidadosa, feita pelos físicos Leite Lopes e Jayme Tiomno, proporcionou aos professores brasileiros uma interessante alternativa de livro didático. Ao contrário da totalidade dos textos publicados no Brasil, na época, o Blackwood fazia o uso parcimonioso da Matemática, relacionava a física com fatos que ocorrem em nosso cotidiano e era pródigo em sugestões de

atividades experimentais. Seu uso embora restrito a um certo grupo de professores, se prolongou por muitos anos, mas ultimamente saiu de circulação.

Novo salto e chegamos a janeiro de 1970. O Primeiro Simpósio de Ensino de Física, organizado sob a coordenação do Prof. Ernesto Hamburger, estava sendo realizado com um grande número de professores de vários Estados brasileiros, a grande maioria, constituída por professores universitários. O número de professores de Física, com habilitação na área, havia crescido bastante mas, como o ensino de 2º grau também houvesse expandido, percebia-se ainda grande carência de professores diplomados nos cursos de Licenciatura em Física. Em Minas Gerais, com a fundação do Colégio Universitário (1965) já havíamos experimentados o uso do PSSC, projeto de Ensino de Física, desenvolvido nos Estados Unidos e exportado para diversos países. Foi, talvez a primeira experiência feita no Brasil, com um projeto de ensino, usando todos os recursos instrucionais produzidos pela imensa equipe que o desenvolveu (cerca de 300 pessoas): livro texto, manual de laboratório, manual do professor, filmes e material experimental. Coordenei a implantação da proposta e o primeiro empecilho foi a dificuldade para obter professores competentes para trabalhar com os novos textos, com um tipo de trabalho experimental, muito diferente daqueles que eventualmente costumava ser desenvolvido em alguns poucos colégios.

A experiência foi difícil e trabalhosa pois a própria tradução do texto se constituiu em problema. No 2º semestre, quando necessitávamos dos 3º e 4º volumes para o estudo do Eletromagnetismo e da Física Moderna, os editores não os colocaram à venda. A própria equipe do Colégio (3 professores licenciados em Física, 5 engenheiros, 2 monitores e um laboratorista) fez a primeira tradução e imprimiu os textos, em mimeógrafos, para serem usados pelos alunos. Estes mostravam-se satisfeitos, por estarem entrando em contato com uma física diferente daquela com que estavam acostumados: os conceitos eram discutidos e compreendidos, os trabalhos práticos e os filmes lhes auxiliavam nessa compreensão e propiciavam uma aprendizagem mais significativa.

Talvez, aqueles que mais se beneficiaram com a experiência, tenham sido os membros da equipe citada. Além de aprenderem muita física, tiveram a oportunidade de se relacionarem com um material inovador, apresentando uma física bastante conceitual com profundidade maior do que era costumeiro, mas usando menos matemática do que os textos mais adotados no Brasil. Após um ano de exercício, engenheiros que nunca haviam ensinado Física, estavam prontos para repetir o Curso, mesmo sem a supervisão e se entusiasmavam com a tarefa.

Mas voltemos ao I Simpósio de Ensino de Física. Relendo os anais desta reunião é fácil perceber que o problema crucial da época (provavelmente o problema permanente do nosso ensino em geral) era a falta de professores habilitados e os baixos salários dos profissionais do ensino.

Peço licença para inserir aqui alguns trechos das sínteses e conclusões dos assuntos discutido neste I Simpósio, apresentadas na seção de encerramento. Essas sínteses foram organizadas por três professores, Oscar Ferreira, Alberto Maístegui e eu, solicitados pelo Prof. Hamburger, para atuarmos como uma espécie de observadores das atividades.

“A mim me parece que, com apenas algumas exceções, houve concordância em se considerar como problema central, **a deficiência de número e da qualidade dos professores** (tanto no ensino médio como no de graduação ou pós-graduação). O motivo dessa deficiência, talvez, seja a falta de interesse despertada pela carreira de professor de Física. Haja vista o pequeno número de estudantes que se dirigem para o curso de Física. Ao que me parece, houve também concordância em se reconhecerem como causas prováveis dessa falta de interesse, as seguintes:

- a dificuldade da carreira, confrontada com os benefícios financeiros que ela oferece. Apesar do mercado de trabalho ser amplo, as remunerações são, em muitos casos, ridículas
- o descaso com que as Faculdades de Filosofia, Institutos de Ciências e entidades responsáveis pela formação de professores, tratam essa tarefa.

No momento em que conseguirmos formar maior número de professores bem preparados, eles mesmos escolherão seus textos, farão seus programas, serão capazes de estabelecer claramente quais são os objetivos que, na sua região, ambiente social ou em seu nível de ensino, deverão nortear seus trabalhos.

Tentaremos resumir, em poucas palavras, o que foi discutido e o que pudemos concluir das conversas que mantivemos nos pequenos horários de folga e intervalos.

- Que seja feito completo diagnóstico da atual situação do ensino médio da Física e encaminhado às autoridades competentes para que elas providenciem a respeito.
- Que a SBF exerça trabalho efetivo junto às Faculdades de Filosofia, a fim de que se dê maior atenção aos cursos de formação pedagógica.
- Que a SBF promova ou incentive a promoção de cursos de atualização e aperfeiçoamento do professorado do ensino secundário.
- Que a SBF procure olhar também o problema do ensino das Ciências na escola secundária, a fim de melhorar o nível dos alunos que ascendem ao curso colegial.”

“Mi siento aquí como si estuviera en la Argentina: los mismos problemas. Si al hacer alguna afirmación, o comentario, me equivoco o digo algo inconveniente, por favor interpretemo como referida a la Argentina.

También he oído a un profesor expresar su convencimiento de que se debe realizar una campaña entre los jóvenes para despertar vocaciones de profesores de física, informándolos de la carrera, y lograr una concientización profesional y vocacional. Por lo que yo sé referido a la Argentina, y trasladándolo al Brasil creo que tiene razón. Pero sabiendo las condiciones económicas y profesionales en que se desenvuelven los profesores, siempre habrá jóvenes con el desprendimiento y con la fuerza espiritual para querer realizar la tarea. Será un milagro ..., pero yo creo en los milagros.”

Não quero lhes penalizar continuando com essa “lenga-lenga”. Preferi comentar os fatos mais antigos, porque só mesmo eu, em virtude da idade, conheço mais de perto. Após a instituição, dos Simpósios, realizados inicialmente de 3 em 3 anos e agora de 2 em 2, a evolução dos acontecimentos pode ser acompanhada pela leitura de suas atas, ou por artigos publicados na Revista de Ensino da SBF e no Caderno Catarinense de Ensino de Física. Essas publicações, mantidas a duras penas, por um reduzido número de professores, dos quais destaco os nomes de Marco Antônio Moreira, Sônia e Luiz Peduzzi e dos membros de suas equipes, são exemplos vivos do heroísmo e dedicação necessários aos trabalhos relacionados com a educação.

Não é fácil medir, ou mesmo fazer apreciação qualitativa dos progressos alcançados neste período na área do ensino de Física. Embora as atas do Simpósio e as duas revistas citadas (além de alguns trabalhos das teses de mestres e doutores da área) sejam os principais documentos que dispomos para pesquisar o que vem ocorrendo nessa área, muitos outros fatos se passaram nos bastidores, não sendo bem documentados, principalmente no período da ditadura (1964 a 1984). Se forem descortinados, desvendarão outros heróis, que lutaram denodadamente pela causa e até mesmo perderam o ânimo, retirando-se da luta. Essas histórias, certamente, cairão no esquecimento se alguém não se dispuser a registra-las em trabalho de maior fôlego. Quem sabe, um dia, me anime a realiza-lo, se ainda tiver forças?

Entre aqueles fatos, uns de caráter nacional e outros regionais, poderia citar, por exemplo, as dificuldades encontradas no trato com as autoridades de vários níveis: batalha contra as arbitrariedades dos atos institucionais, contra aspectos da reforma universitária, contra a lei 5.692, contra influências em nossa legislação de idéias ditadas por órgãos externos, com interesse escusos, contra a implantação da resolução 30/71 e suas conseqüências nefastas em nossa educação, que até hoje perduram; luta pela obtenção de direitos e verbas para a pesquisa na área e para a representação em comissões instituídas pelos órgãos financiadores, etc.

Finalmente, fazendo um balanço geral do ensino de Física, desde aquela época até hoje, podemos detectar pontos que estão a exigir enorme dedicação e ainda maior esforço para que grandes problemas a eles relacionados sejam equacionados. À frente de qualquer outro está a

questão da melhoria de formação e do crescimento do número de professores habilitados, intimamente relacionada com o problema da obtenção de salários condígnos, melhores condições de trabalho, aperfeiçoamento e atualização dos docentes.

Mas penso que podemos ser otimistas, pois conseguimos nesse período várias vitórias. Lembrando que estamos batalhando com problemas educacionais, os quais, em geral, demandam longo tempo para serem solucionados e que muitas vezes nem podem ser resolvidos totalmente (haja vista o seu caráter internacional), julgo que temos obtido um progresso razoável, distribuído em todo o país, embora não uniformemente. Principalmente, se compararmos a Física com outras áreas de nossa educação, podemos sentir uma certa satisfação . . . Não uma euforia . . .

Estabelecendo-se um paralelo entre a programação dos primeiros simpósios e dos atuais fica patente o progresso em alguns setores. Até o IV e V Simpósio, talvez, a maior parte do tempo foi ocupada com o reconhecimento do terreno e com o levantamento dos principais problemas que o afetavam (evidenciados pelo grande número de mesas redondas).

Pouco a pouco, passaram a ser oferecidos alguns cursos e oficinas, cujo número cresceu paulatinamente, alcançando agora, no XII simpósio, um número superior a 50 cursos e 11 oficinas! Como isto poderia acontecer naqueles velhos tempos? Não havia nem professores nem alunos em número suficiente . . .

Outro aspecto que mostra a melhoria da qualidade de ensino é o número de painéis e exposições orais de trabalhos, os mais variados, apresentados pelos professores, inclusive pelos de 2º grau, mostrando a evolução de pesquisas na área. É verdade que ainda há necessidade de maior divulgação dessas pesquisas entre os professores de 2º grau pois a maioria desconhece seus resultados e a importância de sua realização, ignorando como esses resultados poderiam ser utilizados.

Um fato que me preocupava bastante nos primeiros simpósios era a baixa frequência de professores do 2º grau, uma das causas do problema mencionado acima. Neste Simpósio só em Minas Gerais, estão sendo previstas 600 inscrições de professores do 2º grau.

Evidentemente, estes progressos não ocorrem por milagre, são frutos do esforço de um grande número de pessoas, professores e pesquisadores que vêm se envolvendo nessa batalha cujos nomes como já disse não teria tempo de listar e aos quais, ainda, só me referi, indiretamente. Dirijo-me, pois, a esses jovens, que para mim são os menores de 70, isto é, a algumas gerações dos presentes. Quero lhes agradecer o entusiasmo e a perseverança com que vêm enfrentando esses problemas e a grande contribuição que prestam à educação nacional por realizarem essa importante tarefa. A todos o meu apelo para que não abandonem a arena tão cedo! Aos mais jovens, de verdade, que estão chegando agora, principalmente aos estudantes das Licenciaturas,

Discurso de Agradecimento

Mestrados e Doutorados, uma convocação especial: sigam os exemplos de seus mestres e dêem prosseguimento a esse trabalho.

Obrigada por contribuírem para que meus sonhos, pouco a pouco sejam concretizados.

Conferências

NOVOS HORIZONTES NA FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS PARA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Waldimir Pirró e Longo¹ Ariovaldo Bolzan²

1 - Deptº de Enga. da Produção,UFF, FINEP

2 - Deptº de Enga. de Produção, UFSC

Resumo

A revolução causada pela informática no perfil do trabalhador coloca a universidade em um lugar privilegiado na responsabilidade pela formação do novo profissional e do novo cidadão da sociedade globalizada. Tendo à sua disposição valiosos recursos audiovisuais, de multimídia e de telecomunicações, a universidade não pode apenas acompanhar e adaptar-se às mudanças, mas tem todas as condições para liderar este processo de transformação. O artigo mostra como a criação do PRODENGE, está colaborando para patrocinar parcerias entre Escolas de Engenharia visando o ensino a distância. O exemplo citado é o da Fundação para o Ensino em Engenharia de Santa Catarina e da Fundação Carlos Alberto Vanzolini no projeto de criação da Rede Tecnológica de Telecomunicação Interativa para a Competitividade, que usa a videoconferência para o ensino a distância.

As mudanças no perfil do profissional

As inovações tecnológicas, organizacionais e gerenciais tem produzido uma mudança no perfil do trabalhador ao transformar os processos de trabalho de linear, segmentado, padronizado e repetitivo para um formato definido muito mais pela integração e flexibilidade. (Machado, 1995, p.171) As empresas querem mais capacidade intelectual que força física e atributos musculares. Entre as principais qualificações, o trabalhador precisa unir inventividade a um forte espírito de equipe e compromisso com a empresa.

Num mundo em que a informação passa a ser a moeda mais valorizada, “ganha mais em qualificação quem estiver mais próximo e souber dominar o circuito completo de seu processamento, o que demanda fundamentos teóricos do conhecimento formal, habilidades que permitam uma interação inteligente com os equipamentos e a visão ampla e profunda do processo produtivo como um todo.” (op. cit., p.185) Essas qualidades requerem, “porém, um maior recurso à atividade de abstração, à capacidade analítica, necessárias para lidar com operações que levem à transformação de símbolos em ações de máquinas. É preciso interagir com o ‘cérebro’ dos equipamentos e fazer com que ele leia e transforme cada instrução em ações.” (idem, p.185)

Do novo trabalhador que vai conseguir chegar na frente na batalha pelo emprego, é exigido que possua várias habilidades cognitivas. “Tais habilidades são consideradas importantes para que o trabalhador tenha

condições de treinabilidade e saiba continuar aprendendo com autonomia.” (ibidem, p.185) Neste cenário de constantes transformações, é questão de sobrevivência aprender o tempo todo, para não ficar ultrapassado. Sob estes condicionantes, a grande virada no mundo do trabalho significa “a substituição da demanda de formação profissional direcionada para o aprender a fazer por outra formação que permita o aprender a aprender. Trata-se de uma nova maneira de trabalhar a informação, de uma nova matriz a orientar os critérios de eficiência e competência, portanto, a própria política de qualificações.” (ibidem, p.185)

Se não acompanharem as constantes mudanças tecnológicas, os indivíduos, mesmo recém saídos das escolas, simplesmente não estarão preparados para o trabalho. Isto porque, “a desqualificação para o mercado de trabalho, seja através da obsolescência ou da má formação escolar, dá origem ao que tem sido chamado de ‘analfabetismo tecnológico’. Os analfabetos tecnológicos não retornarão ou ingressarão adequadamente no mercado de trabalho nem que a economia cresça e expanda os seus postos de trabalho. (Pirró e Longo e Rocha, 1996, p. 3)

Tecnologia e Educação

Uma das alternativas para resolver este problema no mundo todo tem sido o ensino a distância. Utilizado inicialmente para situações seletivas para resolver problemas de escala (número insuficiente de estudantes em um único lugar) e raridade (um campo especializado que não está disponível localmente), o ensino a distância era entendido como melhor que nada, mas não tão bom quanto o ensino presencial. (Dede, 1996, p.10) Porém, o mercado globalizado e as emergentes infra-estruturas de informação estão mudando essa situação. A tendência cada vez mais disseminada é a de que o trabalhador deve possuir habilidades desenvolvidas para obter informações a partir de fontes remotas, trabalhando em colaboração com membros de uma equipe espalhada geograficamente. Esse modo de trabalhar em grupo de forma partilhada, flexível e à distância, será tão indispensável para o futuro trabalhador de todos os níveis, como o foi a obrigação de aprender a agir de maneira estruturada e rápida nos primórdios da revolução industrial.

As novas tecnologias podem ser utilizadas de duas formas: a) no enriquecimento da sala de aula propriamente dita, através da utilização das tecnologias audiovisuais (como o rádio, a televisão, fitas de vídeo) e dos recursos da informática, com o uso do computador e b) na ampliação do alcance da situação didática, através do ensino a distância.

O computador na escola pode ser utilizado para os mais variados objetivos pedagógicos e os softwares existentes podem ser agrupados em várias categorias. Os de exercitação tem por objetivo treinar certas habilidades. O programas tutoriais são os que transmitem informações de modo pedagogicamente organizado, como se fossem um livro animado,

um vídeo interativo ou um professor eletrônico. Os aplicativos, em geral voltados para aplicações específicas como processadores de texto ou planilhas eletrônicas, permitem um uso educativo nada desprezível. As linguagens de computador, tais como o Logo, utilizadas para o desenvolvimento de programas também podem ser interessantes como estímulo à organização das idéias, possibilitando um rico ambiente cognitivo. A extensão avançada das linguagens, os *softwares* de automação permitem a criação de protótipos de programas sem que se tenha conhecimentos avançados de programação. Os jogos podem ter valioso uso educacional principalmente quando integrados a outras atividades. As simulações são o ponto forte do computador na escola, pois possibilitam a vivência de situações difíceis ou até perigosas de serem reproduzidas em sala de aula. (Seabra, 1994, p.1-2)

Por causa da união entre informática e telecomunicação, mais comumente chamada de telemática, o uso do computador tem seu potencial muitas vezes ampliado. Através da Internet é possível, por exemplo, a realização de projetos conjuntos à distância com disciplinas do currículo ou envolvendo conteúdos interdisciplinares principalmente naqueles trabalhos baseados em troca de mensagens e de dados, nas mais diversas áreas de conhecimento. (op. cit., p.4) Pode-se ainda enumerar um sem-número de projetos de busca de dados e análise em tempo real que já estão em andamento unindo os mais diferentes campos de conhecimento, conduzidos por equipes de alunos e professores e professores espalhados geograficamente.

A incorporação da telemática no dia-a-dia abre horizontes não só para o aluno, mas também para o professor que tem ampliada sua atividade docente através da troca de idéias em lista de discussões, da pesquisa em bancos de dados, da assinatura de revistas eletrônicas e do compartilhamento de experiências em comum com outros pares espalhados pelo mundo. (idem, p. 4)

É justamente pelo incremento da diversidade dos recursos humanos colocada à disposição dos estudantes que o aprendizado distribuído à distância pode trazer igualdade, tanto como pluralismo, de modo a preparar para a competição num mercado mundial. Classes virtuais tem como característica possibilitar o contato com um largo espectro de colegas com os quais os estudantes podem colaborar numa quantidade bastante superior ao que podem encontrar em sua própria região, além de permitir o acesso a um quadro tão extenso de professores e mentores, numa dimensão impossível para uma única instituição educacional local. (Dede, 1996, p. 10)

Por esta razão, é cada vez mais comum a transmissão de palestras de especialistas dirigidas a públicos os mais diversos que podem de algum modo interagir com os palestrantes. Uma tendência no ensino a distância tem sido a combinação destas teleconferências interativas, com a orientação via correio eletrônico e ocasionais encontros face-a-face com os estudantes envolvidos localmente e coordenados por um monitor. Numa

economia de escala, o desenvolvimento deste método tem custos mais baixos que o atual sistema de cursos iguais duplicados a cada instituição. Em poucos anos, computadores e telecomunicações de alta performance serão utilizados como material didático, do mesmo modo, comunidades virtuais e ambientes artificiais compartilhados farão parte da rotina do dia-a-dia como o telefone, televisão, rádio e jornais são hoje. As experiências de aprendizagem distribuída serão vistas como vitais para todos os estudantes mesmo quando o mesmo conteúdo puder ser ensinado face-a-face. Por esta razão, todo o ato de ensinar terá alguns atributos da educação à distância. (op. cit., p.11)

A atuação da FINEP no incentivo à formação de recursos humanos

No Brasil, as atividades profissionais diretamente envolvidas e afetadas pelo avanço científico e tecnológico, como é o caso dos engenheiros, já vêm sentindo a pressão destas mudanças e se preparando para a situação de aprendizagem continuada. Segundo Pirró e Longo e Rocha, (1996, p.4) algumas das iniciativas a serem implementadas nos cursos para fazer frente a essas exigências constituem parte de um processo de “reengenharia” do ensino de engenharia. Dentre as alterações, os autores citam as seguintes: acabar com a “formatura” entendida como o fim do tempo de estudos; incentivar a prática do professor estudante; primar pela intransigência com a qualidade; promover a formação personalizada e multidisciplinar; priorizar o aprender a aprender; praticar a metodologia da pesquisa o mais cedo possível; preparar para o “saber fazer” ainda durante o curso na universidade; proporcionar forte embasamento em Ciências e Matemática; evitar a compartimentação do saber; facilitar o domínio da informática e das línguas mais usuais no meio científico e tecnológico; desenvolver a capacidade gerencial e empreendedora e, finalmente, construir uma visão humanística diante da profissão e dos interesses da sociedade.

Para surtir o efeito desejado de transformação em larga escala, esta proposta está baseada na formação de uma rede de instituições educacionais unidas com os mesmos objetivos. Papel importante no incremento destas redes cooperativas tem sido o desempenhado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, através da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP. Com o objetivo de estruturar e modernizar tanto o ensino como a condução de pesquisas na área de engenharia, foi criado o PRODENGE, Programa de Desenvolvimento das Engenharias, que atua em dois subprogramas complementares: a Reengenharia do Ensino de Engenharia - REENGE e a criação de Redes Cooperativas de Pesquisa - RECOPE. Alocando anualmente parcelas significativas de seus orçamentos, a FINEP, o CNPq, a SESU e a CAPES, desde 1995, tem possibilitado uma série de iniciativas tanto do REENGE, como do PRODENGE. (Pirró e Longo e Rocha, 1996, p.6)

A base do PRODENGE está fundada no esforço sistemático de diminuir os custos das pesquisas e dos desenvolvimentos experimentais, otimizando o potencial científico e tecnológico disponível que gerou o nascimento das chamadas pesquisas cooperativas. A idéia central é a de que, a partir de um projeto comum, cooperam entre si instituições de pesquisa e empresas que participam com recursos financeiros ou técnicos, tendo acesso em contrapartida, às informações produzidas. “A redução dos custos, a melhoria de confiabilidade das tecnologias, a redução dos riscos de sua utilização, a acessibilidade para pequenas e médias empresas, o alto potencial de difusão, além do aumento da capacidade de integração/universidade/empresa/comunidade, são características que têm motivado o emprego deste instrumento.” (op. cit., p. 5)

O ensino a distância: o exemplo da parceria entre a FCAV e a FEESC

Dentre as iniciativas do RECOPE, vale a pena citar a criação em 1996, da Rede Brasileira de Engenharia. Destinada a unir via satélite todas as escolas de engenharia do país no movimento do REENGE, principalmente as mais isoladas do centro-oeste e do norte do país. A programação das palestras definida pela coordenação do PRODENGE foi produzida e veiculada pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini, do Departamento de Engenharia de Produção da USP, escolhida pelos seus 30 anos de experiência na formação de 15 mil profissionais. (Pirró e Longo e Rocha, 1996, p.8)

Segundo a FCAV, o 1º ciclo de teleconferências Engenheiro 2001 - O Ensino da Engenharia na Era da Virtualidade, incentivou a implantação de teles-salas nas escolas de engenharia de todo país, visto que, no início do projeto, em meados de 1996, havia apenas oito escolas com antena parabólica dentre 140 pesquisadas chegando, ao final do ano, a um total de 70 teles-salas nas escolas de engenharia. Foram no total 13 teleconferências que abordaram temas como O Ensino da Engenharia e suas novas Tendências e A Nova Engenharia e a Reestruturação do Ensino. (FCAV, 1996, p.14)

As teleconferências também são um meio importante de transmissão de conhecimento de um outro centro pioneiro de ensino a distância, a FEESC - Fundação do Ensino em Engenharia de Santa Catarina - do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC, que utiliza também tecnologias como videoconferência e formatação de vídeo-aulas para a educação tecnológica. Em março de 96, a FEESC realizou a primeira teleconferência exclusiva da discussão do projeto REENGE. Ainda na área de transmissão via satélite, numa parceria com a Secretaria de Educação do Estado de Santa Catarina e com a Secretaria de Ensino a Distância do MEC, a FEESC realizou o I Ciclo de Teleconferências sobre Tecnologia e Educação. As dez teleconferências transmitidas tiveram o objetivo de sensibilizar os

professores da rede pública catarinense para a difusão da cultura do uso de novas tecnologias em sala de aula. (FEESC, 1996, p.9)

A experiência da FEESC na produção de vídeos educativos começou em 1995, quando produziu 66 vídeo-aulas distribuídas via satélite para o aperfeiçoamento de processos em empresas de transporte rodoviário de cargas e passageiros de todo Brasil. Em 1996, a FEESC produziu mais 15 novos cursos de educação continuada a distância na área de engenharia de transportes, num total de 103 vídeo-aulas para transmissão via TV digital. (op. cit., p.10)

Um conjunto de equipamentos de videoconferência foi adquirido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC, buscando seguir o espírito de trabalho cooperativo, unindo as Universidades do interior de Santa Catarina através da Rede Catarinense de Ciência e Tecnologia, criada para possibilitar a comunicação de dados com velocidade de 2Mb, resultante da parceria entre UFSC, UDESC e governo estadual.

As experiências da FEESC e da FCAV mostram a importância de integração por comunicação avançada entre os Centros Tecnológicos, Núcleos de Pesquisa, Instituições de Ensino de Engenharia e o setor produtivo. Isso porque, o forte diferencial competitivo, representado pelos grupos operando em redes com alto poder de difusão e de intercomunicação proporcionados pela velocidade e qualidade na transmissão de dados e de processamento de imagem, pode estabelecer barreiras para o avanço científico e tecnológico dos não-participantes prejudicados e isolados pela insuficiência de comunicação. (idem, p. 11)

A Rede Tecnológica de Telecomunicação Interativa para a Competitividade

De maneira a seguir o espírito das redes cooperativas proposto pelo RECOPE, a FEESC e a FCAV uniram suas experiências e iniciaram uma parceria no final de 1996, com o projeto Rede Tecnológica de Telecomunicação Interativa para a Competitividade, cujo objetivo é o desenvolvimento de programa de treinamento e capacitação de professores de Engenharia no uso de novas tecnologias educacionais.

A configuração do núcleo piloto da Rede por Videoconferência contempla a integração da COPPE (UFRJ), da Fundação Vanzolini (USP), da FEESC (UFSC) e da sede da FINEP. Os pontos a serem instalados nas quatro instituições estão configurados como capacitados para a transmissão e recepção de videoconferências. Os pontos a serem instalados na FCAV e FEESC terão acrescidos periféricos de suporte para configurá-las como pólos geradores. Na FEESC, estarão também alocados os equipamentos necessários para uma estação geradora de computação gráfica que dará suporte diário às aulas por videoconferência bem como uma estação geradora de modelos virtuais para uso permanente na Educação Tecnológica. (FEESC, 1996, p. 5)

O objetivo da configuração em formato de anel da Rede Tecnológica por Videoconferência é o de criar um centro de integração multiplicador que, a partir de um núcleo gerador interaja com empresas e instituições de ensino e pesquisa à sua volta. Desta maneira, além de formar um núcleo de atendimento em Educação Tecnológica e de desenvolvimento de produtos e pedagogia multimídia, poderá consolidar-se como um pólo de referência para a expansão da rede através da incorporação progressiva de novas instituições na utilização desta ferramenta educativa. (op. cit., p. 5)

Para se ter uma idéia do potencial educativo de uma rede de videoconferências é preciso explicar que este meio técnico faz a integração em tempo real de várias instituições ligadas por linhas de comunicação com velocidade de transmissão acima de 64 Kb para imagem, som e dados e equipadas com kits formados por câmera de TV, microfones, CPU-CODEC gerenciadora para compressão e descompressão de dados e modelagem de sinal a ser transmitido/recebido, aparelho de TV e periféricos como microcomputador, videocassete e câmera para documentos.

O sistema permite a geração de uma aula em um dos pontos geradores da rede com recepção interativa em todos os demais. Todos os pontos receptores podem acessar o sistema para realizar perguntas, fazer apresentações ou mesmo ministrar aulas aos outros pólos de videoconferência conectados. Na prática, a tecnologia da videoconferência permite a multiplicação de pontos qualificados de recepção e interação entre professor e alunos ou entre participantes de encontro ou programação determinada.

O uso da tecnologia de videoconferência na educação revela a potencialidade de interação simultânea de áudio e vídeo em tempo real para as partes conectadas. Possibilita o uso combinado da apresentação virtual de um ou mais professores com o suporte simultâneo de mídias como CD-ROMs, vídeos pré-produzidos, Internet, arquivos digitalizados, apresentação de modelos físicos reais e aplicativos de computação gráfica.

Uma amostra do impacto do uso da videoconferência na integração Universidade-Empresa pode ser percebido pelo seu funcionamento em Santa Catarina. No final de 96, foram gerados três módulos do Mestrado Tecnológico a Distância no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, para os engenheiros da unidade de produção industrial da Equitel instalada em Curitiba, no Paraná. As aulas foram assistidas pelos funcionários durante o horário de trabalho em uma sala da empresa especialmente preparada para isso.

A videoconferência também tem servido desde meados de 96, para as reuniões de trabalho do projeto realizado em conjunto entre as equipes do Instituto de Eletrônica de Potência da UFSC e da Empresa Brasileira de Compressores (EMBRACO), com sede em Joinville, Santa Catarina. Dentre as principais vantagens do uso desta tecnologia interativa, pode-

se citar a economia de tempo e de recursos com viagens, a possibilidade de gravação em vídeo da reunião, a facilidade de manuseio e de interação através do equipamento além de permitir um contato mais ágil e desburocratizado entre professores, pesquisadores e parceiros do setor produtivo.

Conclusão

Como se viu, a formação de recursos humanos principalmente em áreas de grandes transformações tecnológicas precisa incorporar os novos instrumentos da informática e das telecomunicações. As experiências da Fundação do Ensino em Engenharia de Santa Catarina e da Fundação Carlos Alberto Vanzolini, em especial, o exemplo da Rede Tecnológica de Telecomunicação Interativa para a Competitividade por Videoconferência falam por si. Ao mesmo tempo que responde a uma necessidade irreversível de oferta por educação tecnológica continuada, resolvida através do trabalho cooperativo e em parceria, a Rede Tecnológica significa a aquisição de conhecimento primordial para garantir o espaço das universidades brasileiras no emergente mercado do ensino à distância.

Mas se a formação de recursos humanos é sem dúvida, fator de geração de competitividade, por isso mesmo não deve vir apenas do esforço individual do profissional mas precisa ser compartilhado cada vez mais pelas empresas. É preciso que as organizações desenvolvam uma nova relação entre trabalho e estudo, percebidas como os dois lados de uma mesma moeda, facilitando e promovendo a re-qualificação de seus funcionários, permitindo e incentivando o estudo permanente.

Por seu lado, cabe às universidades, agências de fomento e órgãos governamentais, encontrar soluções que aumentem a eficiência do sistema de ensino universitário, incorporando e testando de modo responsável, tecnologias que se adequam às novas condições de flexibilidade tanto para a graduação, pós-graduação e educação continuada exigidas pelas mudanças vividas pela sociedade. Só assim o Brasil poderá ocupar o seu espaço no cenário competitivo do século XXI.

Bibliografia

- Dede, Chris. "Emerging technologies in distance education for business". in Journal of Education for Business. v71, n.4, mar-apr 1996.
- FCAV - Fundação Carlos Alberto Vanzolini.** "Rede de Educação Tecnológica para a Competitividade: Projeto Piloto. Desenvolvimento de Sistemas Pedagógicos Cooperativos Virtuais para Educação Continuada dos Profissionais de Engenharia e Tecnologia". São Paulo, 1996, mimeo.
- FEESC - Fundação Ensino de Engenharia de Santa Catarina.** "Rede Tecnológica de Telecomunicação Interativa para a

- Competitividade: Projeto FINEP-RECOPE". Florianópolis, 1996, mimeo.
- Machado**, Lucília Regina de Souza. "A Educação e os desafios das novas tecnologias" in Rev. TB, Rio de Janeiro, 120:71/80, jan.-mar., 1995.
- Pirró e Longo**, Waldimir e **Rocha**, Ivan. "Reengenharia do Ensino da Pesquisa em Engenharia". Rio de Janeiro, 1996, mimeo.
- Seabra**, Carlos. "Software educacional e telemática: novos recursos para a escola". in Lecionare n. 2, nov. 1994.

FÍSICOS FLEXÍVEIS: ENVELHECIMENTO, COMPUTADORES, MATRIZES E NITERÓI

A. F. R. de Toledo Piza
Instituto de Física, USP, Caixa Postal 66318
05315-970 São Paulo, S. P., Brasil

1. Introdução

Idade e envelhecimento figuram de longuíssima data entre as coisas de que a física, a seu modo, se ocupa. Aristóteles, após dar na sua Física uma célebre e curiosa definição de movimento ("a enteléquia do que está em potência"), em que não se percebe nenhuma referência explícita ao tempo, passa a exemplificar: "quando o construtível, enquanto o dizemos tal, está em enteléquia, ele se constrói; e isso é a construção; e de forma semelhante o aprendizado, a cura, a rotação, o salto, o crescimento, o envelhecimento" [1,2]. Na medida em que essa definição tão geral foi ao longo de muitos séculos se restringindo até se limitar ao que Aristóteles chamava "movimento local", a relação da física com todos esses exemplos se complicou bastante (com exceção da rotação e, talvez, do salto!). Não me parece excessiva, no entanto, a afirmação de que ela nunca abriu mão de ter o que dizer sobre tais coisas, mesmo quando não era de forma alguma claro o que poderia dizer delas. No entanto, pelo menos para esses particulares exemplos tal já não é a situação hoje, quando aprendizado, cura e crescimento voltam ao rol de temas ativos, possivelmente inseridos no estudo de sistemas complexos com capacidade de auto-organização [3]. Quanto ao envelhecimento, muito houve que dizer, e foi dito, no contexto da tendência irreversível à desorganização que se manifesta estatisticamente em sistemas complexos, e para a qual foram inventadas medidas sofisticadas, como entropias e funções H . Praticamente a totalidade dos casos em que os físicos atribuem "idades" a objetos ou estruturas - eventualmente ao universo como um todo - envolvem essa idéia direta ou indiretamente [4]. Evidentemente ela se apresenta logo como uma possibilidade óbvia também quando se trate de entender o envelhecimento biológico.

Uma novidade importante no estudo dos processos de envelhecimento no contexto da biologia surgiu, no entanto, através da idéia Darwiniana de seleção natural. Em seu plano geral, essa idéia de certo modo combina ingredientes aparentemente antagônicos que são, por um lado, os mesmos processos estatísticos tidos como responsáveis últimos pela degeneração entrópica; e, por outro lado, processos de seleção que operam com base no cardápio oferecido pela variabilidade estatística, podendo levar a formas bastante complexas de (auto)-organização. Para identificar claramente o contexto e as implicações gerais da idéia, é preciso, antes de mais nada, notar que o processo de

auto-organização do qual se trata aqui não ocorre ao nível dos indivíduos particulares de um determinado conjunto, mas sim ao nível do próprio conjunto de indivíduos como um todo. Em outras palavras, a dinâmica Darwiniana é uma dinâmica de conjunto, coletiva. Nesse contexto ampliado, diferenças que existam ou que venham a ser produzidas por variações estatísticas *entre* os indivíduos, passam a poder funcionar como oportunidades, "propostas" a serem avaliadas pelos processos de seleção, para a auto-organização ou reorganização *do conjunto*. O instrumento fundamental de que os processos de seleção dispõem para implementar suas avaliações é simplesmente a rotatividade dos indivíduos que constituem a população. Para que os processos de seleção possam operar é preciso, então, que estejam presentes dois ingredientes: um deles é que os indivíduos tenham, entre as suas habilidades, capacidade de auto-replicação, ou reprodução, mesmo que com fidelidade imperfeita (o que em particular contribuirá para a variedade do cardápio estatístico); o outro é que haja, efetivamente, critérios que permitam decidir sobre a viabilidade dos indivíduos que constituem a população, no meio em que ela subsiste. Talvez a característica mais fantástica desta dinâmica complexa é a de que ela pode funcionar de forma completamente autônoma, incluindo os processos de seleção, com base exclusivamente nos elementos de que possa momentaneamente dispor, independentemente de qualquer tipo de "desígnio" pré-estabelecido: não é, de fato, qualquer desígnio que orienta o processo de seleção, mas simplesmente as propriedades, também momentâneas, do ambiente ocupado pela coleção de indivíduos auto-replicantes; e das interações existentes entre o ambiente e os próprios indivíduos. Além disso, nada impede de pensar o "ambiente" como sendo na realidade também constituído de outras várias coleções de outros sistemas ou indivíduos, coleções essas sujeitas por sua vez a uma dinâmica desse mesmo tipo. As estruturas geradas ao nível de conjunto são portanto estruturas "a posteriori", obtidas sem projeto. Todas as propriedades que caracterizam uma determinada classe de sistemas ou indivíduos - e aqui deve-se incluir, em particular, a sua disposição para o envelhecimento - aparecem então como propriedades da auto-organização sem projeto prévio produzida pelo processo de seleção.

Desse modo, contrariamente ao ponto de vista segundo o qual o envelhecimento é apenas uma manifestação da tendência à desorganização que é inerente a sistemas complexos, segundo as teorias evolucionistas do envelhecimento biológico este pode ser visto como resultante de um processo de auto-organização, sendo então nesse sentido *evolutivamente programado*. Em particular, o tempo médio de vida de diferentes espécies deve estar sob influência genética. Isso conduz, no entanto a uma nova questão: quais os mecanismos envolvidos nessa programação evolutiva do envelhecimento? Ou, em outras palavras, quais são, e de que forma agem, os processos de seleção ligados à programação evolutiva do envelhecimento?

A discussão dessa questão assumiu contornos mais bem definidos a partir da década de 40, (inclusive os anos de guerra!) e foi recentemente revista por Partridge e Barton [5]. Nessa revisão são discutidos basicamente dois mecanismos para a programação do envelhecimento. Segundo um dos mecanismos, de uma forma esquemática, a seleção favorece indivíduos que investem um maior volume de recursos na fase de vida reprodutiva, às expensas de se defrontar com um déficit posterior. O outro mecanismo consiste, também esquematicamente, em que mutações de efeito deletério com manifestação temporalmente delimitada, e que se manifestam apenas, ou principalmente, nos estágios mais avançados da vida dos indivíduos, tendem a ser *menos suprimidas* pelo processo de seleção que outras, pois os indivíduos que as carregam perecem com maior frequência por razões acidentais *antes* que o efeito deletério se torne seletivamente relevante. Para nossos objetivos específicos é útil observar que, por mais sentido que faça a distinção entre esses dois mecanismos no âmbito da biologia, ela pode se tornar duvidosa e até mesmo desaparecer completamente no caso de modelos simplificados do esquema evolucionista, apesar da enorme diferença de linguagem envolvida na formulação de cada um deles. De fato, pelo menos em modelos simples, é perfeitamente concebível que a menor supressão de traços deletérios de manifestação tardia associada ao segundo mecanismo seja apenas o modo pelo qual se exprime a preferência evolutiva pela estratégia de vida "ótima", no sentido do primeiro mecanismo.

Na medida em que tais idéias funcionem, é claro que não existe qualquer razão de princípio para limitar o seu domínio potencial de aplicabilidade aos sistemas de natureza biológica que as motivaram. Como esquemas dinâmicos gerais, elas podem se tornar relevantes sempre que se junte os ingredientes essenciais para a sua operação. É possível mesmo inventar sistemas inteiramente artificiais, e de preferência também confortavelmente simples, para experimentar com o funcionamento de seus mecanismos, com eventuais dividendos também para a compreensão do domínio biológico. No que segue vamos tratar de um programa justamente deste tipo, iniciado por um trabalho feito em 1994 (e publicado em 1995 [6]) por Thadeu Penna, da Universidade Federal Fluminense. Esse programa se desenvolveu desde então muito rapidamente, como pode ser visto, por exemplo, lendo dois trabalhos de revisão publicados sobre ele no decorrer de 1996 [7,8]. Neste caso, os "indivíduos" são na realidade objetos computacionais muito simples (seqüências de símbolos binários, ou "bit-strings") e o seu processo evolutivo é estudado através de simulações em computador. Um grande bônus dessa estratégia é que ela retém intacta a base estatística da qual depende essencialmente a operação do mecanismo evolutivo, permitindo um estudo direto não só de propriedades médias mas também das flutuações estatísticas em torno das propriedades médias, e de suas conseqüências.

2. O modelo Penna

A descrição do modelo inventado por Thadeu Penna para estudar os mecanismos de envelhecimento sugeridos pelas teorias evolucionistas é semelhante à enumeração das regras de um jogo, enquanto sua simulação computacional é semelhante a uma partida desse jogo. Para que as regras possam fazer sentido, é preciso porem antes que se diga com que elementos se joga o jogo. De acordo com o que foi dito sobre o cenário geral das teorias evolucionistas do envelhecimento, é preciso dispor de uma coleção extensa de "indivíduos", para usar um termo de conotação biológica. Nas realizações correntes do modelo Penna, cada um dos indivíduos consiste numa seqüência de caracteres binários ("bit-string", também muitas vezes chamada "genoma"), cada um dos quais pode assumir dois valores distintos (tipo "cara ou coroa"), que podem ser tomados como sendo 0 e 1. A coleção de indivíduos tem então a forma de uma lista de muitas seqüências desse tipo, que podem ser escritas numa folha de papel ou numa memória de computador. Um exemplo contendo trechos de uma tal lista, transcrita de memória de computador para folha de papel, pode ser visto na fig. 1.

Nessa particular lista, cada indivíduo consiste em uma seqüência de 11 símbolos. Em princípio, o comprimento comum das várias

#	Idade	Genoma
01	11	00000000001
02	11	00000000000
03	11	00000000001
04	11	00000000001
05	11	00000000000
06	10	00000000010
07	10	00000000001
08	10	00000000000
09	10	00000000010
10	10	00000000001
3059	0	00001100101
3060	0	10000101001
3061	0	00011100101
3062	0	00000100000
3063	0	01000011100
3064	0	00000101010
3065	0	01000101100
3066	0	00001001111
3067	0	00010111011
3068	0	01000011011

Figura 1. Os dez indivíduos mais velhos e os dez mais novos de uma população total de 3068 indivíduos de 11 bits para os quais apenas um traço deletério é letal e que se reproduzem desde a idade 4 até a idade 9 inclusive (v. "regras do jogo" abaixo).

seqüências da coleção pode ser qualquer número (inteiro!) que chamaremos genericamente de B (então $B=11$ na fig. 1), mas a preferência de computadores com relação a folhas de papel, mais a forma como os computadores soem ser organizados, levou a uma considerável popularidade de seqüências de 32 símbolos, com uso ocasional menos intenso de 16 ou 64 símbolos. Definidos então os elementos básicos, podemos passar às regras do jogo propriamente ditas. Cada seqüência de caracteres binários codifica a história *potencial* de vida de cada indivíduo da seguinte forma: os seus caracteres são "ativados" seqüencialmente à taxa de um por período de vida padrão (também chamado geração, "ano", ciclo, etc.) e um dos valores possíveis (digamos, 1) é tido como deletério, no sentido de que a ativação de T desses caracteres em um indivíduo acarreta a sua morte. Aqui já vai, então, um critério para o mecanismo de seleção, como também mencionado na descrição do cenário geral. Essa morte, determinada pela estrutura do genoma, não é no entanto o único tipo de morte a que os indivíduos estão sujeitos. Eles podem também morrer devido a "pressões ou limitações do meio externo". As pressões ou limitações do meio externo são introduzidas através de uma probabilidade $x < 1$ de sobrevivência de cada indivíduo até o próximo ciclo, de modo que, a cada ciclo, uma fração $(1-x)$ da população, escolhida ao acaso, perece devido ao efeito de "causas externas". A fração sobrevivente x depende da população total P_t presente ao iniciar-se o ciclo, sendo definida pela relação

$$x = 1 - \frac{P_t}{P_{max}}$$

onde P_{max} é um parâmetro que tem o sentido de uma população máxima, pois $P_t = P_{max}$ torna a sobrevivência impossível. Essa probabilidade x de sobrevivência a causas externas é normalmente chamada fator de Verhulst, e introduz no jogo, de forma simples, o fato de que existe uma população máxima que pode ser suportada por um dado ambiente. Finalmente, é preciso introduzir no jogo a reprodução dos indivíduos. Isso é feito adicionando à população, a cada ciclo, um dado número b de cópias novas, com idade zero, de cada indivíduo que sobreviva às pressões externas, tenha um número total de caracteres deletérios ativados menor que T e tenha idade i compreendida entre dois limites dados, $R_1 \leq i \leq R_2$. Esses indivíduos são então os indivíduos progenitores. Cada uma dessas b cópias não é porém inteiramente fiel, mas difere da seqüência progenitora por ter alterações ("mutações") em um número prefixado M de símbolos, escolhidos aleatoriamente entre os B símbolos existentes em cada seqüência. Como cada símbolo pode assumir dois valores (que tomamos como 0 e 1), existem em princípio vários casos a considerar, dependendo do valor inicial encontrado no símbolo selecionado. As alterações usualmente consideradas são de dois tipos: a) muda-se o valor do símbolo qualquer que ele seja inicialmente, isto é, se o símbolo é

inicialmente 0 ele é substituído por 1 e vice versa; b) o símbolo é alterado apenas se ele é inicialmente 0, permanecendo igual a 1 no outro caso. Como dito mais acima, as mutações contribuem para enriquecer o cardápio de possibilidades a ser considerado pelo processo de seleção. Lembrando da regra que determina a morte do indivíduo uma vez que entre os seus símbolos ativados se encontrem T símbolos com valor 1 (definido como "deletério"), mutações do segundo tipo fazem com que o potencial de sobrevivência dos descendentes seja sempre *igual ou menor* que o dos seus respectivos progenitores. No caso das mutações do tipo a), no entanto, o potencial de sobrevivência de um descendente pode ser *maior* que o do progenitor, graças a uma mutação que substitua um símbolo com valor 1 deste por um símbolo com valor 0 no descendente. Portanto, o tipo de mutação tem um forte papel determinante no sentido geral em que se dá a ampliação do cardápio estatístico.

Tais são as regras do jogo. É importante notar que elas invocam escolhas aleatórias em dois pontos (em outras palavras, para se jogar o jogo é preciso, em cada ciclo, usar roletas ou dados de algum tipo em duas ocasiões): em primeiro lugar, para decidir pela sobrevivência ou não às pressões externas representadas pelo fator de Verhulst x ; e em segundo lugar, na escolha dos símbolos binários dos genomas dos progenitores que deverão sofrer mutações em situações de reprodução. O modelo é portanto um modelo estocástico, e as várias quantidades de interesse associadas a ele (população total, número total de nascimentos, distribuição etária, etc.) são na realidade variáveis aleatórias, que a rigor devem ser descritas em termos de distribuições de probabilidade. Estas distribuições dependem evidentemente ainda da particular distribuição que seja utilizada para o sorteio associado às mutações. Nas implementações usuais todos os símbolos do genoma são tomados "a priori" como sendo equiprováveis.

Uma simulação típica consiste então na aplicação reiterada dessas regras a uma população inicial, em princípio qualquer. Um ciclo da simulação envolve, para cada um dos indivíduos, 1) uma decisão de sobrevivência ou não frente ao fator de Verhulst, 2) a contagem dos traços deletérios ativados até a idade atual do indivíduo para decidir sobre sua viabilidade "genômica" e finalmente 3) reprodução dos indivíduos qualificados para isso que tenham sobrevivido às duas etapas anteriores, e atualização da idade. O resultado é uma nova população, que consiste da parte sobrevivente da população do ciclo anterior com a sua idade devidamente atualizada mais o novo contingente de recém nascidos. A natureza das regras é tal que permite que elas sejam eficientemente executadas por um computador. É comum (embora para muitos fins não indispensável) o uso de populações contendo centenas de milhares de indivíduos e o seu acompanhamento por milhares de gerações. Um dos efeitos conseguidos com o uso de populações grandes é a atenuação relativa das flutuações estatísticas inerentes ao caráter estocástico do modelo, de modo a reforçar a significância dos valores médios das várias

quantidades de interesse. Casos que envolvam populações de milhares, ou mesmo dezenas de milhares de indivíduos acompanhada por muitas centenas de ciclos podem ser calculados em tempos na escala de uma hora ou menos em um computador pessoal pouco incrementado, e o esforço de programação envolvido nisso está certamente ao alcance de qualquer amador diligente que tenha assimilado as regras do jogo. Em último caso, pode-se digitar um programa FORTRAN que aparece transcrito na referência [8] ou, para economizar trabalho, pode-se copia-lo no endereço www indicado também nessa referência.

3. Resultados

Um ponto que é bom ter sempre em mente é que, uma vez fixados os parâmetros B , b , R_1 , R_2 , M e P_{max} , e uma vez escolhida uma dada população inicial, o tamanho e a constituição da população em ciclos posteriores é determinado completamente pelas próprias regras do modelo que, é também bom lembrar, inclui ingredientes estocásticos. Em particular, a extinção completa da população após algum número de ciclos é em princípio sempre uma ocorrência possível no sentido de que é um evento com probabilidade não nula, embora em muitos casos essa probabilidade seja suficientemente pequena para poder ser ignorada para todos os fins práticos.

3.1 Populações estáveis e o mecanismo de envelhecimento.

O primeiro resultado que deve então ser mencionado é o de que nas simulações freqüentemente se obtém populações estacionárias (isto é,

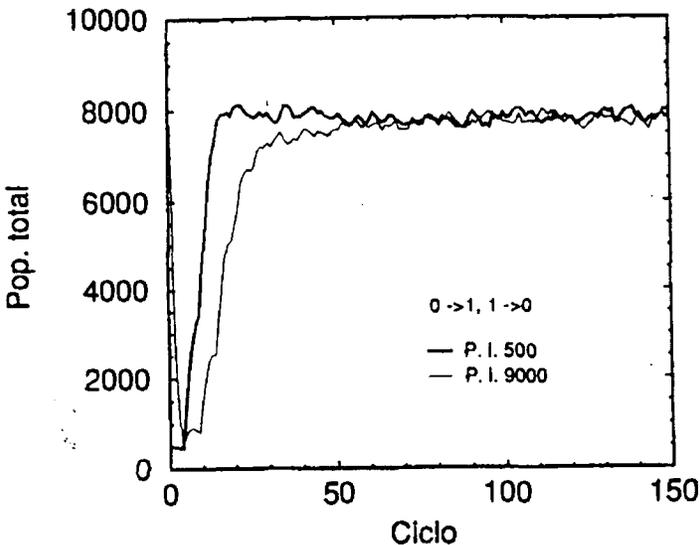


Figura 2. Evolução da população total durante os 150 primeiros ciclos para duas populações iniciais (P.I.) com mutações $0 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow 0$. Para valores dos parâmetros e outros detalhes v. texto.

constantes a menos de flutuações estatísticas, e não nulas) após um número suficiente de ciclos [6]. Mais que isso, o tamanho da população estacionária independe da particular população inicial de que se tenha partido (desde que esta não seja tão exótica a ponto de ser levada à extinção). Diferenças iniciais certamente produzem diferentes tipos de transientes, mas finalmente desaparecem quando o regime estacionário é atingido. A fig. 2 ilustra esse fato para um caso em que os parâmetros são $B=26$, $b=2$, $R_1=4$, $R_2=9$, $M=T=1$ e $P_{max} = 3 \times 10^4$, e para duas populações iniciais diferentes escolhidas respectivamente como a) 500 indivíduos de idade zero e genomas perfeitos, isto é, contendo apenas zeros em todas as posições; e b) 9000 indivíduos de idade zero com genomas sorteados aleatoriamente de forma que a probabilidade "a priori" de se ter 0 ou 1 em cada posição seja a mesma. A única mutação (pois $M=1$) sofrida pelos descendentes é do tipo a) descrito mais acima, i.e. consiste simplesmente em inverter um dos 26 símbolos binários do genoma progenitor escolhido aleatoriamente, de forma que qualquer deles tenha a mesma probabilidade "a priori" de ser sorteado. Então, se o símbolo escolhido tiver o valor 0, ele passa a ter o valor 1 (isto é, o descendente adquire um novo traço deletério na posição escolhida); no caso contrário o símbolo passa de 1 a 0 e o descendente perde um dos traços deletérios do progenitor.

A tendência para uma população em regime estacionário já dá uma indicação clara da capacidade de "auto-organização" do conjunto de indivíduos como um todo. O particular tipo de auto-organização que se obtém depende porém tanto dos valores escolhidos para os parâmetros do modelo como do tipo de mutação que seja adotado na reprodução. Para

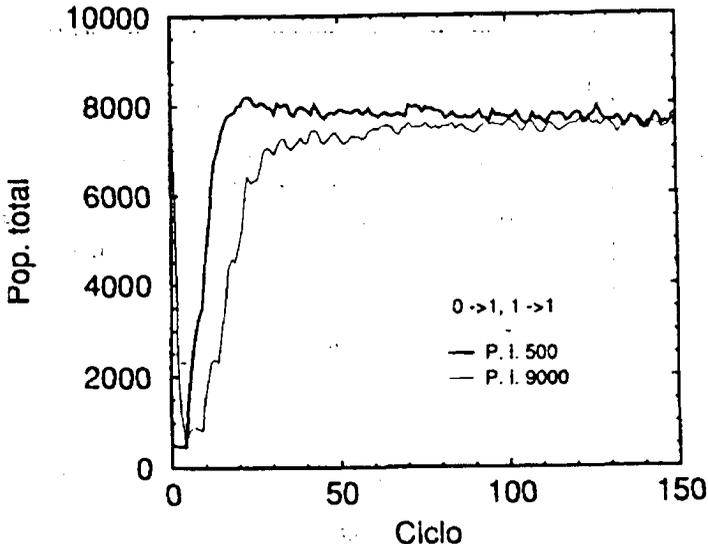


Figura 3. Resultados correspondentes aos da fig. 2 para o caso de mutações deletérias apenas (0→1, 1→1).

ilustrar este último ponto, a fig. 3 mostra o resultado de simulações com os mesmos parâmetros e populações iniciais que a fig. 2, mas com mutações do tipo b). Neste caso, se o símbolo escolhido para a mutação tem o valor 0 no genoma do progenitor, ele passa a ter o valor 1 no do descendente, como no primeiro caso. Mas se ele tem o valor 1, ele *permanece* como 1 no descendente. Como já foi dito, isso implica que o número total de traços deletérios só pode aumentar à medida que a população se renova, uma situação às vezes descrita como "mais realística", dado que mutações deletérias parecem ser muito mais frequentes que mutações "benéficas" em populações reais [7]. Seria natural esperar que com este tipo de mutação as mortes determinadas pelo genoma ocorressem de alguma forma em maior número, e que portanto a população se estabilizasse num patamar inferior ao encontrado no primeiro caso. Mais ainda, poderia mesmo ser tido como improvável que ela pudesse se estabilizar num patamar não nulo, dado que a constituição dos genomas só pode se alterar para pior. O resultado da fig. 3, que mostra uma população de equilíbrio que é essencialmente a mesma que a encontrada no caso da fig. 2, tem então algo de surpreendente. Uma explicação para essa surpresa pode no entanto ser obtida notando que, no caso presente em que $T=1$ (um único traço deletério ativado é letal), qualquer mutação deletéria efetuada num símbolo que só seria ativado *depois* do primeiro que tenha esse caráter é de fato inócua para a capacidade de sobrevivência do indivíduo. A consequência disso é que a presença de caracteres deletérios no genoma tem como efeito colateral a redução da probabilidade de uma piora futura do genoma. O que resultados como o da fig. 3 mostram, então, é que essa auto-limitação da piora do genoma pode ser suficiente para permitir a existência de uma população estável e em níveis semelhantes aos obtidos quando se admite também a ocorrência de mutações benéficas.

O que se pode fazer em seguida é procurar outras características das populações que sirvam para consolidar esses argumentos, por serem mais reveladoras do tipo de auto-organização promovida em cada caso. Uma propriedade bastante óbvia nesse sentido é a distribuição etária da população de equilíbrio. Os resultados correspondentes às figs. 2 e 3 são mostrados em um único gráfico, que aparece na fig. 4. Os números colocados na abscissa desse gráfico (notar a escala logarítmica!) correspondem ao valor das frações

$$f_i = \frac{n_i}{\sum_{j=0}^{\infty} n_j}$$

cuja soma é igual a 1, sendo n_i o número de indivíduos de idade i . O denominador é então evidentemente a população total. Para atenuar os

efeitos de flutuações estatísticas especialmente no caso das idades maiores, nas quais o número de indivíduos na população é pequeno, foram tomadas ainda médias sobre os resultados de 50 gerações sucessivas. Com os dois tipos de mutação f_i decresce mais depressa que exponencialmente com a idade i , mas no caso em que há apenas mutações deletérias o decréscimo se torna mais abrupto para as idades maiores e a idade máxima registrada na população é nitidamente reduzida.

Para interpretar isso é preciso antes interpretar o decréscimo puramente exponencial do qual as distribuições da fig. 4 se aproximam no limite de pequenas idades. Em geral, um decréscimo puramente exponencial implica na morte de uma fração constante $(1-x)$ dos indivíduos de uma dada idade a cada período de vida, já que nesse caso a dependência dos n_i com a idade é dada por

$$n_{i+1} = xn_i$$

Como para uma população em equilíbrio os n_i são na realidade independentes de t , é claro que essa distribuição é a que resulta quando *todas* as mortes ocorridas se devem unicamente ao fator de Verhulst. Isso corresponde, em outras palavras, a uma população de indivíduos "intrinsecamente imortais", mas ainda assim sujeitos a mortes acidentais por causas externas cuja taxa é em média independente do tempo (em diversas tradições, as cobras seriam lendariamente dotadas desse curioso destino, pois se rejuvenesceriam completamente a cada muda de pele

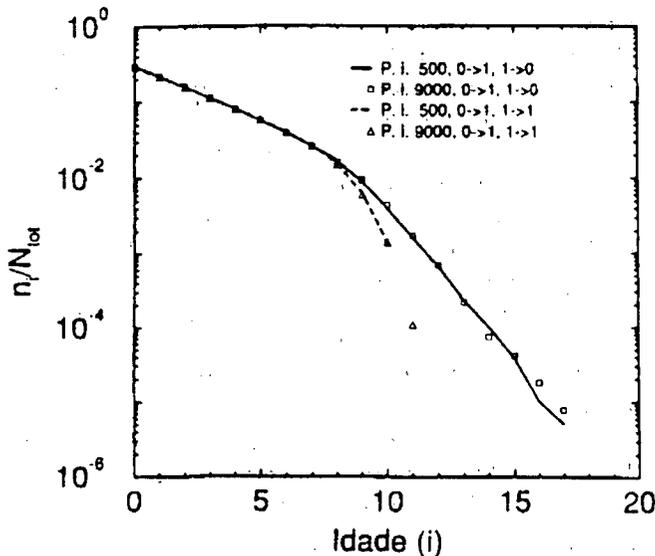


Figura 4. Distribuições etárias para as populações das figs. 2 e 3. Os valores mostrados correspondem a médias sobre 50 ciclos consecutivos a partir do ciclo 500

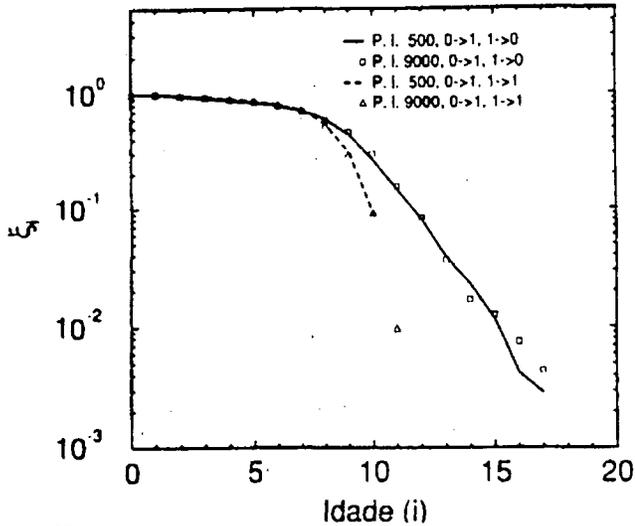


Figura 5. Valores das viabilidades intrínsecas correspondentes às distribuições etárias mostradas na fig. 4.

podendo no entanto ser mortas pelos homens ou por outros animais). Consistentemente com essa interpretação, as inclinações iniciais das duas curvas da fig. 4 correspondem a decréscimos exponenciais consistentes com o valor de equilíbrio do fator de Verhulst para cada caso. Isso significa que mortes de indivíduos jovens ocorrem, na situação de população equilibrada, predominantemente devido a causas externas. As mortes adicionais que aparecem com o aumento da idade e que fazem com que as curvas tenham na realidade um decréscimo mais forte que o exponencial representam uma "mortalidade intrínseca" associada à presença de caracteres deletérios no genoma. Elas refletem portanto o envelhecimento auto-programado das teorias evolucionistas. Uma forma simples de separar esse efeito da letalidade acidental do ambiente externo consiste em graficar não diretamente as frações etárias f_i definidas acima, mas as quantidades obtidas delas eliminando os efeitos do fator de Verhulst, i.e.

$$\theta_i = \frac{f_i}{x^i},$$

onde x é o fator de Verhulst para a população equilibrada. Melhor ainda é usar uma versão convenientemente normalizada delas definida como

$$\xi_i = \frac{\theta_i}{\theta_0} = \frac{f_i}{f_0 x^i}.$$

No caso das cobras lendárias os ξ_i resultam iguais a 1 independentemente da idade i , revelando assim a imortalidade intrínseca. Em casos "reais", os ξ_i decrescem com i como um reflexo do

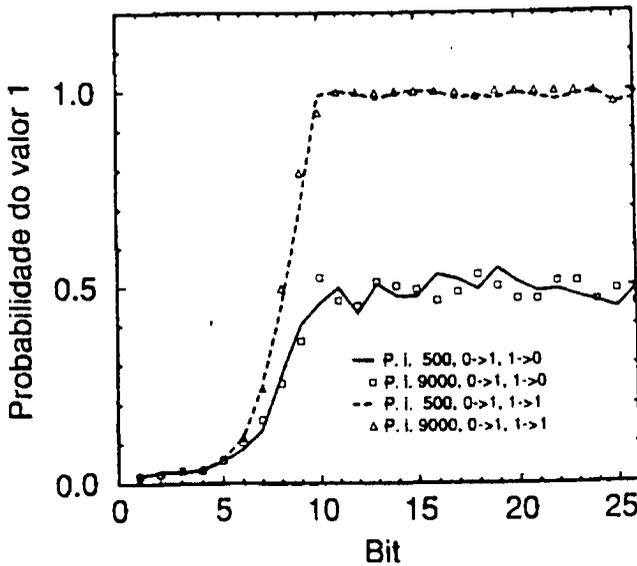


Figura 6. Probabilidade da presença de símbolos deletérios (1) nas diversas posições do genoma para as populações das figs. 2 e 3. Os números deste gráfico não envolvem médias e correspondem às populações no ciclo 500.

envelhecimento intrínseco, de modo que podem ser interpretados como uma medida da *viabilidade intrínseca* para sobrevivência numa determinada idade. A fig. 5 mostra essas quantidades calculadas para as populações da fig. 4. O que se vê agora é que a ocorrência apenas de mutações deletérias tem um poderoso efeito acelerador sobre o processo de envelhecimento Darwiniano, ou seja, sobre a redução progressiva com a idade da viabilidade intrínseca para sobrevivência.

O que se pode ainda fazer com proveito para elucidar a natureza da população de equilíbrio é descer efetivamente, por assim dizer, ao substrato microscópico do modelo e examinar propriedades médias dos próprios genomas. Um procedimento que tem sido usado para esse fim consiste em calcular as frações da população total que contém traços deletérios (símbolos binários com valor 1) em cada uma das posições do genoma. Gráficos dessas quantidades para as mesmas populações já consideradas anteriormente aparecem na fig. 6.

O que se nota nos dois casos é o acúmulo de traços deletérios nas posições que são ativadas apenas em idades maiores que o início do período reprodutivo. Esse acúmulo se limita a 50% no caso de mutações 0 → 1 e 1 → 0, mas é de 100% (isto é, posições de ativação tardia contém *sempre* o valor 1) no caso de mutações 0 → 1 apenas. Ele mostra o mecanismo pelo qual o envelhecimento programado é registrado nos genomas dos indivíduos.

3.2 Envelhecimento e reprodução:

O número de variações que podem ser estudadas alterando valores de parâmetros do modelo é evidentemente enorme. Algumas levam a resultados bastante simples, por exemplo, pode ser verificado facilmente que a população de equilíbrio é estritamente proporcional a P_{max} , se os outros parâmetros permanecem fixos. Uma característica especial do modelo é porém a de que entre os seus parâmetros figuram os limites R_1 e R_2 do período de vida dos indivíduos em que ocorre a reprodução [6], e é possível estudar, com resultados interessantes, o efeito que tem sobre o processo de envelhecimento a variação desses limites. A fig. 7 mostra distribuições etárias e os valores das quantidades ξ_i para populações estacionárias com os mesmos parâmetros e tipos de mutação usados na fig. 4, exceto que agora $R_1 = R_2 = 9$, isto é, os indivíduos se reproduzem numa única idade. Esses gráficos foram obtidos tomando a média sobre 100 gerações sucessivas e usando $P_{max} = 2 \times 10^5$ para obter populações estáveis da ordem de 5000 indivíduos. Esse aumento de P_{max} é necessário porque a restrição do período reprodutivo a uma única idade reduz consideravelmente a fertilidade da população, e com ela o tamanho da população de equilíbrio para um dado valor desse parâmetro. A população total ao longo das 100 gerações envolvidas na média aparece na fig. 8 para o caso em que as mutações são apenas do tipo deletério ($0 \rightarrow 1$). Essa figura mostra que o recurso à média é necessário aqui por razões mais específicas que apenas o aplainamento de flutuações estatísticas.

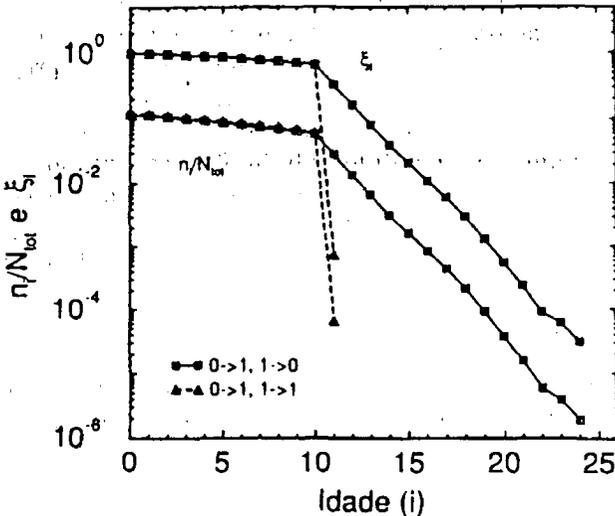


Figura 7. Distribuições etárias e viabilidades intrínsecas médias para os ciclos 1000 a 1100 de uma população caracterizada pelos mesmos parâmetros e tipo de mutação que a fig. 3, exceto $R_1 = R_2 = 9$ e $P_{max} = 2 \times 10^5$

como foi o caso nos exemplos anteriores. O que se nota nela, de fato, é um comportamento oscilatório regular, com um período de 10 gerações (compare com as flutuações estatísticas da população total nas figs. 2 e 3). Este comportamento oscilatório se manifesta também nas distribuições etárias, que oscilam com esse mesmo período em torno da distribuição média mostrada na fig. 7.

É fácil entender a origem dessas oscilações. Suponhamos, de fato, uma população inicial constituída inteiramente de recém-nascidos (idade zero). Então não haverá *novos* recém-nascidos antes da décima geração, que é quando os sobreviventes da população inicial atingem a idade reprodutiva única. A população total decresce monotonicamente, portanto, até a décima geração, quando volta a aumentar com o aparecimento de um novo contingente de recém-nascidos. Depois disso, os indivíduos porventura remanescentes da população inicial não se reproduzem mais, enquanto os novos recém-nascidos só se reproduzirão outras dez gerações adiante, etc., levando assim a um forte comportamento oscilatório da população total com um período de dez gerações. Essas oscilações podem no entanto ser reduzidas, e até mesmo eliminadas, com uma escolha judiciosa da população inicial, que deve em particular incluir indivíduos de várias idades para que isso aconteça. Os resultados mostrados nas figs. 7 e 8 foram na realidade obtidos tomando inicialmente 100 indivíduos de cada idade (de 0 a 26) com genomas "perfeitos", isto é, em que todos os símbolos binários são 0, num total de 2700 indivíduos. Essa particular escolha atenua apreciavelmente as oscilações, sem no entanto eliminá-las. O caso em que a reprodução se dá numa única idade é portanto especial no sentido de que

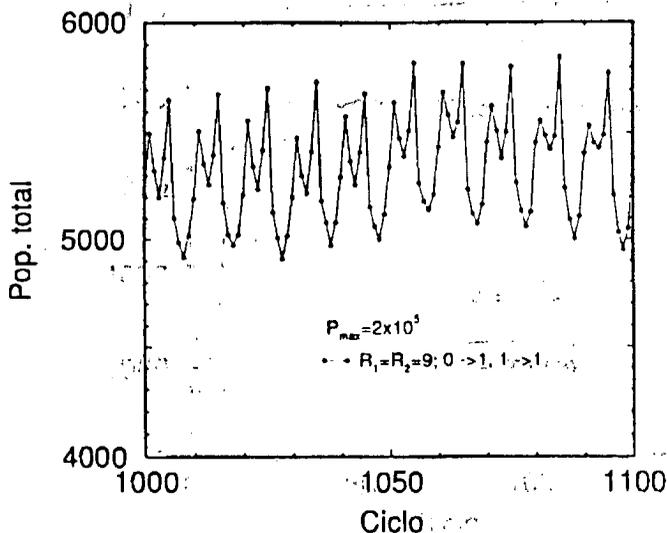


Figura 8. Comportamento da população total durante os ciclos envolvidos na média utilizada na fig. 7.

inhomogeneidades etárias da população inicial são mantidas, resultando numa sensibilidade particular às condições iniciais. Oscilações produzidas por esse mecanismo foram estudadas já em 1941 por H. Bernardelli, que as discutiu com o nome de "ondas populacionais" em um trabalho publicado no *Journal of the Burma Research Society* [9], na época em que Burma (hoje Myanma!) se viu envolvida no processo da guerra em curso que, entre outras coisas, dificultou a comunicação com essa parte do mundo, e com isso também a discussão desse trabalho.

O comportamento do envelhecimento intrínseco (revelado pelas viabilidades intrínsecas ξ_i) é particularmente notável nestas condições. No caso de haver apenas mutações deletérias, ele é extremamente pequeno (isto é, os ξ_i são muito próximos de 1) até a idade reprodutiva, quando então aumenta abruptamente (os ξ_i caem abruptamente para valores muito pequenos ou zero). Uma outra forma de exprimir isso é que os indivíduos praticamente não envelhecem até a idade reprodutiva, e depois dela envelhecem e morrem muito rapidamente. Esse tipo de "senescência catastrófica" é observada notadamente nos salmões do Pacífico, que se reproduzem uma única vez aos cerca de 10 anos de idade. Este caso foi tratado em termos do modelo Penna pelo grupo de Niterói em 1995 [10]. No caso em que as mutações são do tipo $0 \rightarrow 1$ e também $1 \rightarrow 0$, a queda abrupta a zero dos ξ_i é substituída por uma queda exponencial que se liga ao patamar pré-reprodutivo de forma angulosa (dir-se-ia que "com derivada descontínua"). Como é fácil verificar na figura, essa queda exponencial corresponde essencialmente a uma diminuição por um fator 0.5 por período de vida decorrido desde o fim do período reprodutivo. Lembrando que os efeitos letais das pressões externas (mortes de Verhulst) foram eliminados na definição dessas quantidades, esse resultado indica que em média a metade dos indivíduos de idade pós reprodutiva perecem por via de envelhecimento intrínseco em cada período adicional de vida, nesse caso. A razão desse fator 0.5 pode ser imediatamente revelada voltando por um momento à fig. 6. Essa figura mostra que, para o caso de mutações $0 \rightarrow 1$ e $1 \rightarrow 0$, a probabilidade de se encontrar um traço deletério numa posição ativada posteriormente ao fim do período reprodutivo tende precisamente a 0.5, que é a probabilidade "a priori", independentemente de qualquer mecanismo de seleção. O decréscimo exponencial indica portanto a *cessação de efeitos seletivos*, e a sua instalação abrupta (dando origem à mencionada angulosidade na distribuição etária) indica a cessação também abrupta desses efeitos.

É claro que exatamente o mesmo mecanismo é o que dá origem à chamada senescência catastrófica no caso de mutações deletérias apenas. Nesse caso, de fato, a probabilidade "a priori" de encontrar um traço deletério independentemente de processos de seleção é 1, de acordo com o que se vê no caso correspondente da fig. 6. Como resultado disso, o fator 0.5 do caso anterior, que caracteriza o decréscimo da população pós-

reprodutiva por ano de vida, se torna agora nulo. Isso mostra então que, tanto num como noutro caso, após a idade única em que ocorre a reprodução, os mecanismos seletivos deixam "catastroficamente" de operar, abandonando o segmento restante dos genomas à própria sorte; e que as diferenças notadas entre as populações refletem apenas diferentes probabilidades "a priori" da ocorrência de traços deletérios.

3.3 Outros resultados e desenvolvimentos.

Desde que o modelo foi originalmente proposto por Thadeu Penna, diversas questões de motivação biológica, além das já mencionadas, foram estudadas com base nele ou em algumas extensões dele. Não é possível tratar dessas questões todas aqui, mas pode ser útil citar algumas para dar uma idéia da atividade existente nesse tipo de trabalho. Elas incluem os efeitos da pesca predatória sobre as populações de bacalhau [11], conseqüências para as populações envolvidas da mortalidade associada a guerras [12], a existência de um ancestral comum "a posteriori" após um número suficientemente grande de gerações (que, embora se trate antes de uma questão de parentesco que de origem, foi chamado o problema de "Eva") [13], e o papel de flutuações estatísticas na extinção de populações pequenas [14]. Entre as extensões do modelo original está notadamente o tratamento de um tipo de reprodução sexuada, com a concomitante elaboração dos mecanismos de herança genética [15]. Revisões recentes desses desenvolvimentos se encontram nas referências [7] e [8].

Enquanto este texto estava sendo escrito, D. Stauffer enviou de Colônia (Alemanha) por correio eletrônico a mensagem aberta que vai abaixo transcrita na sua forma e língua originais:

Dear Ageing Simulators,

after I gave here a talk on Sex and the Single Bit, Dr. Andreas Strotmann from our computer center made an interesting suggestion to explain child mortality and old-age mortality in one single model: the Penna model assumes one bit position to one time unit, often called one year. However, the beginning of life (as well as about anything else we begin) is quite difficult. Why not take a NONLINEAR scale relating bit position to age. For example, I suggested in response to him that the first bit could correspond to the first day, the second bit to the first week, the third bit to the first month, and the fourth bit to the first year in the individual life. Then the exponentially increasing mortality in the traditional Penna model (without Verhulst deaths) would be counteracted by an exponentially growing translation factor from bit positions to time. As a result the mortality per day could first decrease, and then increase, just as it does in reality.

Any comments? Does anybody wish to simulate this?
Dietrich Stauffer.

4. Matrizes

Todos os resultados mostrados até aqui foram obtidos através de simulações computacionais. O uso da palavra "simulação" nesse contexto acabou por adquirir uma conotação técnica que evidentemente não cabe questionar, mas pelo menos num momento de distração mais informal pode surgir a indagação natural do que é que está sendo simulado. Penso que pode valer a pena levar tal distração a sério pela razão simples de que evidentemente não é o modelo que está sendo simulado (no sentido não técnico), já que a chamada simulação (no sentido técnico) é na realidade a realização experimental *completa, do modelo*. Este é o ponto a que queria chegar, e deixo então o restante de uma eventual procura do que possa estar sendo simulado (no sentido não técnico) à imaginação de cada um. Limito-me apenas a observar que, sendo a simulação uma realização experimental completa, faz sentido procurar uma descrição teórica dela, isto é, do modelo Penna. Mais especificamente, a questão que se coloca é a seguinte: como é possível entender, independentemente de uma referência direta ao que é efetivamente observado em simulações realizadas, as propriedades e a evolução das populações que resultam das regras do modelo?

Trabalho nessa direção foi iniciado também pelo grupo de Niterói [16], e já não está restrito a apenas esse grupo [12, 17]. Para situar o que seria uma resposta completa à questão teórica, é preciso lembrar mais uma vez que o modelo Penna é um modelo estocástico, e que portanto uma descrição teórica dele deve tratar não só de propriedades médias, como população, distribuição etária, etc. mas também das flutuações estatísticas inerentes a elas. Como um tratamento quantitativo deste último aspecto do modelo ainda está por ser feito, vou me limitar daqui em diante a dar algumas indicações sobre como pode ser abordado teoricamente o problema das propriedades médias [18] e a mostrar alguns resultados da abordagem proposta.

Para expor o ponto central da forma mais simples possível, é conveniente começar considerando uma forma tão simplificada que deve mesmo ser vista como uma forma desvirtuada do modelo, a qual consiste em tomar $T > B$. Isso significa que não há mortes geneticamente motivadas (pois o limite letal de T traços deletérios nunca é atingido), e que portanto não há envelhecimento no sentido das teorias evolucionistas. A escolha desse ponto de partida pode parecer algo do tipo "jogar a criança fora junto com a água do banho", entendendo o envelhecimento intrínseco como a criança, no caso. De fato a criança aqui é na realidade o tipo de descrição teórica que se pretende desenvolver, e essa criança não está sendo descartada pela simplificação considerada, como se verá. E é mais fácil, uma vez entendida a idéia geral, acrescentar

as complicações necessárias para restaurar a possibilidade de envelhecimento intrínseco, que extrair a idéia geral de um tratamento já de saída cheio dessas complicações de natureza mais técnica.

Se então $T > B$, é claro que o número M de mutações que ocorrem a cada nascimento, bem como a natureza dessas mutações, são irrelevantes, restando para caracterizar o modelo desvirtuado apenas a taxa de natalidade b , o intervalo de idades reprodutivas R_1 a R_2 e a população máxima P_{max} . Uma realização equivalente da mesma situação pode ser obtida fazendo $M=0$ (isto é, eliminando as mutações), partindo de uma população inicial sem qualquer traço deletério (todos os indivíduos só tem zeros em suas seqüências de símbolos binários) e usando qualquer valor $T > 0$. Em qualquer destes dois casos, a distribuição etária $n_i(t)$ descreve completamente todas as propriedades da população que são relevantes para a dinâmica do modelo (estes símbolos indicam o número n de indivíduos de idade i que estão presentes na população no tempo, ou na geração, ou no ciclo t ; esse tempo é portanto uma variável discreta que assume, digamos, valores inteiros positivos). De fato, usando as regras do modelo é fácil ver que o número de indivíduos de idade $i + 1$ no tempo $t + 1$ será dado simplesmente por

$$n_{i+1}(t+1) = x(t)n_i(t).$$

Isso, mais a condição de que o tempo máximo de vida é B , e portanto $n_{B+1} = 0$, permite obter em $t + 1$ o número de indivíduos qualquer idade, exceto o número de recém nascidos $n_0(t+1)$. Ainda segundo as regras do modelo, este é no entanto dado em média por

$$n_0(t+1) = x(t)b \sum_{i=R_1}^{R_2} n_i(t).$$

Com mais essa relação, temos agora uma formulação analítica completa do comportamento médio do modelo desvirtuado. Ela pode ser combinada com as relações anteriores sob a forma geral

$$n_k(t+1) = x(t) \sum_{i=0}^B \Pi_{ki} n_i(t) \quad (1)$$

onde os elementos diferentes de zero da matriz Π_{ki} são b ou 1 . Um exemplo explícito é útil para visualizar a estrutura geral dessa matriz. Tomando $B = 4$, $R_1 = 2$ e $R_2 = 3$

$$\Pi = \begin{bmatrix} 0 & 0 & b & b & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

É importante lembrar a definição do fator de Verhulst $x(t)$, que com a notação usada aqui aparece como

$$x(t) = 1 - \frac{\sum_{i=0}^B n_i(t)}{P_{\max}}$$

mostrando que a evolução temporal prescrita pelo modelo é *não linear*, já que aparecem produtos de n 's no segundo termo da equação dinâmica (1). Trata-se, no entanto, de uma forma muito especial de não linearidade, que aparece nessa equação apenas através de um fator comum numérico, embora dependente do estado, que é o que afinal de contas é $x(t)$. Por outro lado, a parte da dinâmica que envolve as diferentes idades i é completamente descrita pela matriz *independente do tempo* Π_{ki} , e pode ser submetida a uma análise *linear*, que será portanto válida para todas as gerações, ou ciclos.

Vamos nos limitar aqui a estudar as soluções estacionárias, ignorando também algumas complicações técnicas ligadas ao fato de que a matriz real e não negativa Π não é simétrica (ou hermitiana; em todo caso, com diligência suficiente as complicações podem ser tratadas com técnicas disponíveis no arsenal padrão da teoria de matrizes). No caso das soluções estacionárias, tanto os $n_i(t)$ como o fator de Verhulst x devem ser independentes do tempo (ciclo). Neste caso a equação (1) se reduz a

$$\sum_{i=0}^B \Pi_{ki} u_i = \frac{1}{x} u_k$$

que é uma equação de autovalores na qual os u_i são identificados como componentes de um autovetor da matriz Π com autovalor $1/x$. Como $x < 1$, esse autovalor deve ser maior que 1. É claro, por outro lado, que todos os u_i devem ser quantidades não negativas, pois correspondem ao número de indivíduos de uma dada idade na população.

Existe um teorema geral sobre autovetores de matrizes reais com elementos não negativos que afirma a existência de um autovalor real e positivo que não é excedido pelo módulo de nenhum outro autovalor; e que afirma ainda que a esse autovalor está associado um autovetor de componentes também reais e não negativas. Esses são na realidade o

autovalor e o autovetor que nos interessam. De fato, se numa dada geração t o vetor representado pelo conjunto dos $n_i(t)$ contem alguma componente associada a outro autovetor, este corresponderá a um autovalor que não pode ser maior (em módulo) que o autovalor positivo do teorema. Sempre que ele for menor, esta componente diferente terá sua importância reduzida relativamente à primeira a cada aplicação da matriz de propagação Π (o que vale dizer a cada geração), até desaparecer completamente no regime estacionário. (O caso especial em que há outros autovalores de mesmo módulo que o autovalor especial é precisamente o que leva às oscilações à la Bernardelli).

Chamando π o autovalor positivo especial desse teorema, é claro que o fator de Verhulst para a população estacionária pode ser imediatamente identificado como

$$x = \frac{1}{\pi}$$

Por outro lado, é fácil obter também a estrutura do *autovetor* associado a π diretamente da Eq. (1). Dessa equação resulta, de fato, que os grupos etários da população estacionária estão relacionados por

$$n_i = x^i n_0 = \frac{n_0}{\pi^i}$$

sendo n_0 fixado em última análise pelo tamanho da população total. Sempre que $\pi > 1$, recuperamos portanto a partir desse autovetor a distribuição etária exponencialmente decrescente que caracteriza as populações intrinsecamente imortais (como as cobras lendárias) do modelo desvirtuado. Isso leva imediatamente a duas conclusões adicionais: 1) para que exista uma população de equilíbrio não nula é preciso que $x < 1$, logo a condição $\pi > 1$ que garante o caráter decrescente da distribuição etária é na realidade também uma condição de população de equilíbrio não nula (no caso do exemplo com $B=4$, $\pi=1.22074$ para $b=1$, o que dá $x=0.819172$); e ainda 2) usando a definição do fator de Verhulst em termos da população P , obtemos

$$1 - \frac{P}{P_{max}} = \frac{1}{\pi}$$

ou seja

$$P = P_{max} \left(1 - \frac{1}{\pi} \right)$$

o que mostra a proporcionalidade entre P e P_{max} .

Essencialmente este mesmo tipo de análise matricial foi usado para discutir a distribuição etária de populações reais também na década de 40 por P. H. Leslie, então pesquisador do Bureau of Animal Population da Universidade de Oxford [19], mas evidentemente num contexto (até causalmente) independente do modelo Penna. Ela pode ser no entanto ser

estendida de modo a incluir também o envelhecimento intrínseco na forma como ele é tratado nesse modelo [18], basicamente através de um esmiuçamento da descrição da população. Por exemplo, cada um dos grupos etários pode ser por sua vez separado em subgrupos definidos pela capacidade de sobrevivência programada nos respectivos genomas, de acordo com as regras do modelo Penna. Assim

$$n_i = \sum_l g_{il}$$

onde g_{il} corresponde ao número de indivíduos com idade i e genomas que permitem a sua sobrevivência até a idade l . É claro então que $l \geq i$. Isso leva finalmente, com um procedimento semelhante ao usado no caso do modelo desvirtuado, a uma matriz de transição não negativa que tem no entanto dimensão maior e estrutura mais complicada que nesse caso. O estudo de autovalores e autovetores dessa matriz permite entender quantitativamente os resultados de simulações como as discutidas na seção anterior.

5. Conclusão

Espero que, a esta altura, a afirmação de que em tudo o que foi dito há na realidade muito pouca ou nenhuma biologia não deva causar maior surpresa ou controvérsia. Invocamos espécies bizarras como cobras imortais perseguidas por inimigos externos e simplificamos os indivíduos do modelo até um ponto em que a distinção entre os mecanismos de favorecimento da estratégia ótima e o do acúmulo de mutações [5] é no mínimo questionável. O que se fez, de fato, foi usar idéias muito gerais do campo biológico como fonte motivadora para um particular sistema dinâmico discreto - o que se chama usualmente um "mapeamento" - de natureza estocástica, com capacidade de auto-organização e completo em si mesmo; e em seguida utilizar recursos normais da física teórica para estudar propriedades desse sistema. A exploração do modelo através de simulações computacionais é uma estratégia que dá acesso imediato e concreto (isto é, através de realizações específicas e completas) tanto ao comportamento de propriedades médias como ao das flutuações inerentes ao seu caráter estocástico. A fonte de inspiração biológica passa então a fornecer uma linguagem interessante para a interpretação dos resultados.

Numa linha paralela, que depende muito mais da natureza quantitativa do modelo que da particular fonte de inspiração que o motiva, se situa a busca de uma análise teórica da dinâmica do modelo. Aqui é preciso lembrar mais uma vez a sua natureza estocástica, que exige não só uma análise teórica de comportamentos médios - sobre a qual algumas indicações foram dadas na seção 4 - mas também uma análise teórica das flutuações - que ainda está por ser feita.

6. Referências

- [1] Aristóteles, Física 201a, 9-19. A edição dessa referência que estou consultando informa convenientemente, em nota de rodapé, que "usualmente o ato (*ενεργεια*) é o que conduz à essência perfeita, a enteléquia é a essência perfeita em si mesma".
- [2] O grau de sofisticação das idéias de Aristóteles é usualmente não pouco injustiçado a partir de posições preconceituosas que tendem, desinformadamente, a opor tais idéias a outras tidas ou dadas como "cientificamente corretas". Um caso notável em que isso não ocorre (até possivelmente pelo contrário!) é o Capítulo 8, *Some observations on Aristotle's Theory of Mathematics and of the Continuum*, do livro *Farewell to Reason*, de P. K Feyerabend, Ed. Verso, London-New York (1987).
- [3] Uma referência não técnica sobre as incursões da física e dos físicos em direção à complexidade é o livro de Murray Gell-Mann, *The Quark and the Jaguar*, W. H. Freeman and Company, N.Y. (1995).
- [4] Victor F. Weisskopf, *Knowledge and Wonder* (2nd. Ed.), The MIT Press, 1982.
- [5] L. Partridge e N. H. Barton, *Nature* **362**, 305 (1993).
- [6] T. J. P. Penna, *Jour. Stat. Phys.* **78**, 1629 (1995).
- [7] A. T. Bernardes, *Annual Reviews of Computational Physics* (D. Stauffer, ed.) Vol **IV**, pag. 395, World Scientific, Singapura, 1996.
- [8] D. Stauffer, *Computers in Physics* **10**, 341 (1996).
- [9] H Bernardelli, *J. Burma Res. Soc.* **31**, 1 (1941). Provavelmente a lembrança desta referência se deve em grande parte à sua citação por Leslie [19], que também comenta acerca da guerra em Burma.
- [10] T. J. P. Penna, S. Moss de Oliveira e D. Stauffer, *Phys. Rev.* **E52**, R3309 (1995).
- [11] S. Moss de Oliveira, T. J. P. Penna and D. Stauffer, *Physica* **A215**, 298 (1995)
- [12] H. Puhl, D. Stauffer e S. Roux, *Physica* **A221**, 445 (1995).
- [13] P. M. C. de Oliveira, S. Moss de Oliveira e D. Stauffer, "Searching for Eve through Monte Carlo Simulations of Biological Ageing", a ser publicado em *J. of Theory in Biosciences*.
- [14] K. F. Pál, *Int. J. Mod. Phys.* **C7**, 899 (1996).
- [15] D. Stauffer, P. M. C. de Oliveira, S. Moss de Oliveira e R. M. Zorzenon dos Santos, *Physica* **A231**, 504 (1996) e referências aí citadas.
- [16] T. J. P. Penna e S. Moss de Oliveira, *J. Phys. I (France)* **5**, 1697 (1995).
- [17] N. Ito, *Physica* **A232**, 134 (1996).
- [18] A. F. R. de Toledo Piza, "Dynamics of the bit-string model of age structured populations", submetido a *Physica A* (1997).
- [19] P. H. Leslie, *Biometrika* **33**, 183 (1945); *ibid.* **35**, 213 (1948).

RECUPERAÇÃO BIOLÓGICA DE METAIS

Regina Pinto de Carvalho
Departamento de Física - ICEX - UFMG

I- Revisão Teórica

I-1 Introdução

A Biossorção é o fenômeno que consiste na sorção de íons em solução por material derivado de organismos vivos (biomassa). A sorção de íons metálicos em solução pode ser utilizada na despoluição de águas industriais e a recuperação posterior desses metais por dessorção pode representar interesse econômico. A biomassa pode ser constituída de microorganismos vivos (bactérias, fungos) de derivados desses organismos (leveduras, componentes celulares purificados) ou mesmo de macroorganismos (algas, raízes, folhas vivas ou secas). No caso de biomassa seca, fica evidente que o processo de sorção não é biológico mas, em geral, trata-se apenas de adsorção do íon metálico em algum componente da biomassa. Por exemplo, em algas e bactérias existem indicações que a adsorção se dá nas paredes das células. Estas paredes são compostas de cadeias orgânicas longas, com sítios favoráveis à sorção (ligação fraca) de íons positivos.

I-2 Aplicações da Biossorção

Na descarga de efluentes industriais, é necessário reduzir a concentração de íons metálicos até o nível aceitável pela legislação de diversos países (5 a 10 ppm). Para altas concentrações iniciais, os processos de despoluição mais utilizados se baseiam na precipitação e filtração dos elementos metálicos, mas esses processos se tornam ineficientes a baixa concentração. Para concentrações abaixo de 200 ppm pode ser utilizada a sorção por carvão ativado ou processos de eletrólise. A biossorção apresenta uma alternativa mais econômica e eficiente nessa faixa de concentrações.

Nos filtros para uso industrial, a biomassa preparada é colocada em cilindros ou tanques onde circula a água contaminada. O uso de biomassa não-viva é interessante porque nesse caso o material sorbente tem características estáveis, além de apresentar menos risco de contaminação por acidente.

Após a saturação da biomassa, utilizam-se os processos de dessorção (em geral, lavagem em soluções concentradas, com pH muito alto ou muito baixo) para regeneração da biomassa e eventual recuperação dos metais capturados.

I-3 Um Modelo de Sorção

As curvas de sorção em função da concentração final da solução, para uma dada biomassa, são denominadas isotermas de sorção e geralmente têm a forma mostrada na fig. 1.

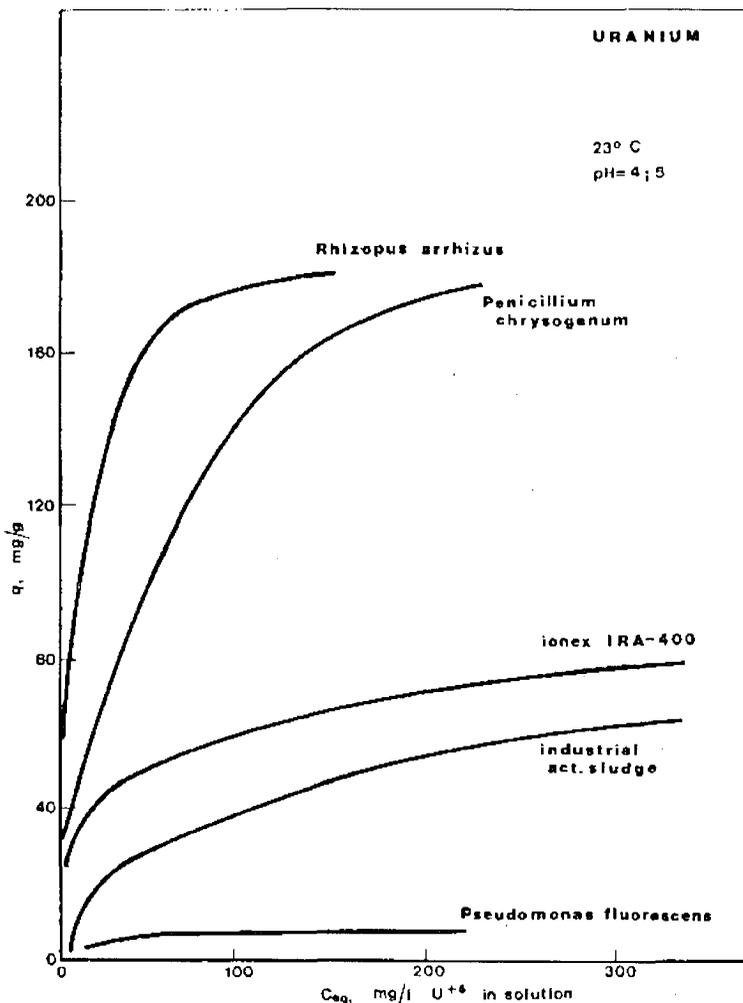


Figura 1 - Aspecto das curvas de sorção. Transcrito de B.Volesky - 'Biosorption of Heavy Metals'- CRC Press, 1990.

Essas curvas podem ser descritas pelo modelo de sorção de Langmuir, que se baseia nas seguintes suposições:

- as partículas são adsorvidas em sítios definidos na superfície do sorbente;
- cada sítio acomoda apenas uma partícula;

- a área de cada sítio é determinada somente pela geometria da superfície;
- a energia de adsorção é a mesma para todos os sítios.

Além disso, as partículas não podem migrar pela superfície nem interagir com partículas vizinhas.

Consideremos um sorbente com q_0 sítios de sorção mergulhado em uma solução contendo uma concentração C de partículas do sorbato. Após um certo tempo de contato, a fração de sítios ocupados será:

$$\theta = \frac{q}{q_0}$$

onde q é o número de sítios ocupados pelas partículas.

A taxa de adsorção das partículas é:

$$T_a = k_a C(1 - \theta)$$

onde k_a é uma constante de sorção e $(1 - \theta)$ é a fração de sítios desocupados.

A taxa de dessorção será dada por:

$$T_d = k_d \theta$$

onde k_d é uma constante de dessorção.

Numa situação de equilíbrio, em que o sorbente e a solução estiveram em contato durante tempo suficiente para que a camada adsorbida esteja em equilíbrio com a solução:

$$T_a = T_d \quad \text{ou} \quad k_a C(1 - \theta) = k_d \theta$$

Chamando $k_a/k_d = b$, uma constante que relaciona a força de ligação sorbato-sorbente com a força de ligação sorbato-água (ou outro solvente da solução), teremos:

$$bC = \frac{\theta}{1 - \theta} \quad \text{ou} \quad \theta = \frac{bC}{1 + bC}$$

e finalmente, como $\theta = q/q_0$

$$q = \frac{q_0 b C}{1 + b C}$$

Essa é a equação de sorção de Langmuir, que mostra a variação da sorção q em função da concentração C de equilíbrio do sistema.

As curvas descritas pela equação de Langmuir possuem duas regiões de interesse:

- Para baixas concentrações ($bC \ll 1$): $q \propto C$ (a curva $q \times C$ é uma reta cuja inclinação está relacionada com as forças de ligação sorbato-sorbente e sorbato-solvente);
- Para altas concentrações ($bC \gg 1$): $q = q_0$ (a biomassa atinge o ponto de saturação, onde todos os sítios estão ocupados).

I-4 Construção das Isotermas

As isotermas de sorção $q = q(C)$ são construídas através de experimentos em equilíbrio (fig. 2). Uma dada quantidade de biomassa é posta em contato com um volume conhecido de solução contendo íons metálicos numa certa concentração inicial. Após um tempo de contato necessário para alcançar o equilíbrio, a biomassa é filtrada e recuperada. A solução final é analisada para que se conheça a concentração final (de equilíbrio) da solução. A partir dos valores das concentrações inicial e final da solução, pode-se deduzir a quantidade de metal adsorbida pela biomassa.

Os valores de sorção dependem das condições do experimento (temperatura, pH da solução, tipo do sorbente e do sorbato).

Normalmente as isotermas apresentam valores da sorção q relativos à quantidade de biomassa ($q = \text{massa de metal/massa de biomassa}$, ou $q = \text{moles de metal/massa da biomassa}$) e as concentrações de equilíbrio são dadas nas unidades usuais de concentrações líquidas (ppm, g/L, M).

Para calcular q indiretamente, através das concentrações inicial e final da solução, fazemos:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Massa} \\ \text{de metal} \\ \text{adsorbida} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Massa de} \\ \text{metal na} \\ \text{solução inicial} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{massa de} \\ \text{metal na} \\ \text{solução final} \end{array} \right)$$

$$M(\text{metal}) = M_i - M_f = C_i V - C_f V = (C_i - C_f) V$$

onde V é o volume da solução e C é a concentração do metal na solução (= $M(\text{metal})/V(\text{solução})$)

$$q = \frac{M(\text{metal})}{M(\text{biomassa})} = \frac{(C_i - C_f)V}{M(\text{biomassa})}$$

Biossorção - experimento em equilíbrio

Parâmetros importantes

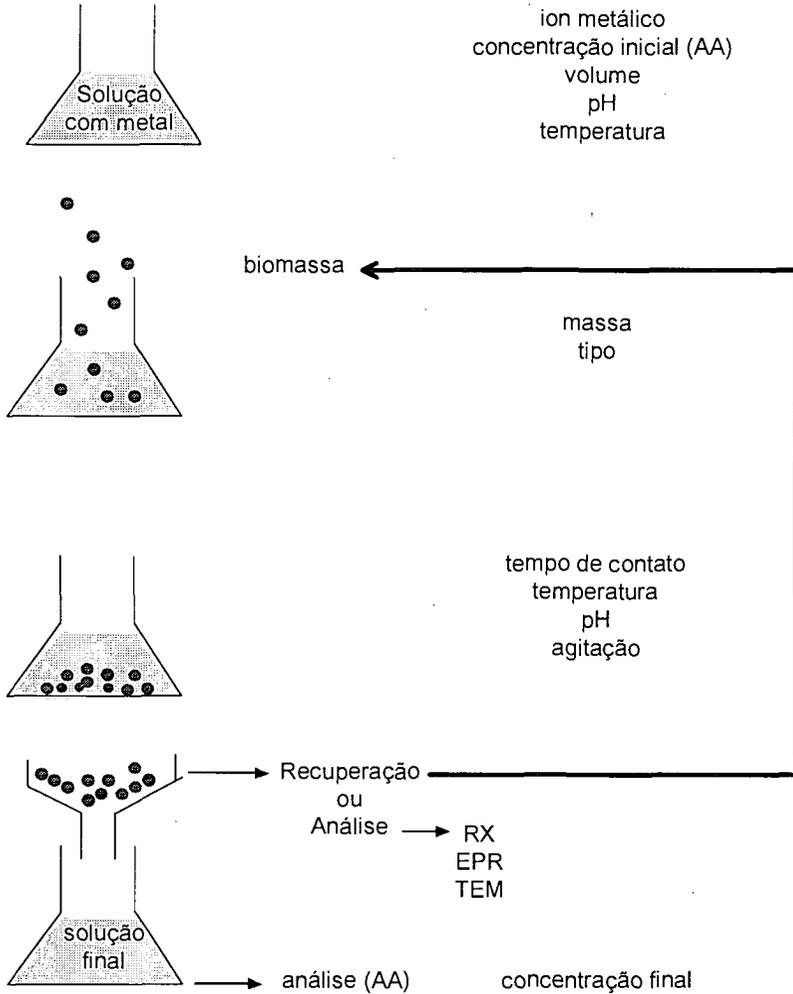


Figura 2 - Experimentos em equilíbrio.

ALQUIMIA E O SINCRETISMO RACIONAL DE NEWTON - EXPERIMENTOS, SÍMBOLOS E METÁFORAS: NOVA LINGUAGEM, NOVA PERCEPÇÃO

Amélia Império Hamburger
Departamento de Física Geral
Instituto de Física
Universidade de São Paulo - USP - Brasil

Apresentação

Neste ensaio fazemos um exercício prazeroso de imaginação, entrelaçando várias fontes de conhecimento usadas por Isaac Newton que nos são trazidas por estudos de grandes historiadores de sua obra e de leituras próprias de seus textos.

Este exercício tem sido feito em situações dialógicas em que atribuições de significados são compartilhadas pelos participantes. Esse trabalho conjunto promove uma libertação de definições estereotipadas em estudos e aplicações anteriores, no sentido de pensar e falar os conceitos com ligações pessoais com a realidade, isto é, de compreender os contextos de delimitação dos significados científicos com recursos de conhecimento e de sensibilidade característicos de cada pessoa.

As pesquisas têm base teórica em teorias de aprendizagem que estabelecem ligações com teorias da linguagem permitindo a reflexão sobre as semelhanças, mas, principalmente, sobre as distinções entre a linguagem científica e as outras linguagens, inclusive a do cotidiano dos alunos. Estudos dos contextos de criação das teorias científicas têm levado ao desenvolvimento de novas formas de percepção dos fenômenos e dos significados das palavras.

Trabalhamos no programa de pesquisa na pós-graduação de ensino de física, em cursos de graduação da licenciatura, com professores em exercício de primeiro e segundo graus e em pesquisas interdisciplinares nas áreas de psicologia do desenvolvimento, linguagem e história da ciência. A proposta mais recente é de programação conjunta com estudos da linguagem junto a escolas da rede pública da cidade de São Paulo, na colaboração USP- Secretaria Estadual de Educação.

A **metodologia**, melhor será dizer a dinâmica de pensamento, tem para estabelecer as correlações uma **lógica auto-referente**, no sentido de Maturana, mas que foi apreendida nos textos de Wallon, Vigotski, Bahktin e Heller. É uma lógica que exige, para a atribuição de significado, a correlação entre as formas de expressar o pensamento e o contexto exterior que onde a significação está também contida.

Chamei, quando descobri essa lógica em Newton, na definição de *Lei da Natureza pelas quais as coisas mesmas são formadas*, de **lógica da constituição recíproca e simultânea de significados**. É a

aplicação dessa lógica que permite criar novos vínculos pessoais com o conhecimento. As novas definições se relacionam a conhecimentos anteriores e se dão significado mutuamente.

A meu ver é essa lógica que fundamenta a possibilidade do que chamei de **SINCRETISMO RACIONAL DE NEWTON**, isto é, a conquista de uma significação, de uma delimitação poderosa em termos de conter uma realidade transformadora da ação humana sobre a natureza e sobre a sociedade, procurando as possibilidades de expressão, em diferentes linguagens, do “discurso de Deus”.

Newton viveu numa Inglaterra riquíssima de fontes e práticas do conhecimento, na época da “revolução gloriosa” que, para alguns historiadores salvou o país para uma época de criatividade e equilíbrio político. Na Cambridge de muita liberdade e efervescência, Newton buscava, por tendências pessoais e extrema dedicação ao trabalho, durante longos anos, distinguir as origens diversificadas das formas de ligação do ser humano com a natureza e suas expressões culturais.

Neste ensaio, através da análise de B.J.T. Dobbs, explicitamos correlações entre o conceito fundante da *força de atração universal* e várias das fontes de conhecimento que Newton perscrutava e praticava: a alquimia, a religião, os clássicos, a teoria da matéria, e, quem sabe, a casa da moeda trabalho que não tem entrado em consideração na formação de idéias. Entretanto uma boa definição que justamente ganhava esse significado no século XVII com o desenvolvimento do mercantilismo, é o dinheiro como um *instrumento de ação à distância*. (T.Rowland, N.Y. 1989, comunicação privada)

Serão revisitados conceitos fundamentais, não só na teoria física mas que estão **subjacentes à nossa sensibilidade e percepção fenomenológica**: o *espaço*, o *tempo* e a duração, como contidos em definições e teorias onde a *física e a matemática se entrelaçam em significação recíproca*, em que as *dimensões filosóficas de absoluto e relativo* se esclarecem como concomitantes e complementares. O acontecer da Natureza como discurso e vontade de Deus, absoluta enquanto não muda, o *pneuma* estoico e o conhecimento como ligação religiosa profunda. O *corpuscularismo* de Epicuro como fundamental para a individuação e para a relação com o cosmos, ao relacionar a coesão e a ação à distância a nível das substâncias terrenas e dos corpos celestes. A *geometria de Euclides* se definindo ao mesmo tempo que o raio retilíneo de luz que define e delimita certo tipo de percepção fenomenológica. Os Princípios como causas mais gerais em situações fenomenológicas bem delimitadas. Os limites como fontes de ação e de possibilidade de transformação.

Enquanto estudamos reconhecemos as questões do nosso próprio discurso: gestos, representações, símbolos, metáforas, conceitos, teorias, as relações indivíduo-social, cotidiano-história, filogênese-ontogênese, e ficamos pensando que também podemos falar de tudo isso para o público em geral, para professores de primeiro grau. Como um exercício de

sensibilização para a percepção científica no sentido de recriação sobre a linguagem usada.

Da Alquimia à Filosofia Natural: *Betty Jo Dobbs e o "Clavis"*

Estudos sobre a importância da alquimia como pensamento reflexivo e investigador das relações entre o ser humano e a natureza, na época do Renascimento, interessam pela riqueza de símbolos e possibilidades de interpretação em sua relação com o pensamento científico.

A alquimia, mais conhecida como um exercício experimental, tem subjacente uma filosofia estimulante da criatividade. Seu grande poder heurístico para a teoria da matéria de Newton, é demonstrado pela química e historiadora norte-americana Betty Jo Dobbs (Dobbs, 1975). Os trabalhos de Dobbs, e também do precursor R.S. Westfall têm sido fundamentais em nossa pesquisa sobre a formação do corpo conceitual da física de Sir Isaac Newton.

A Inglaterra, em que Newton viveu de 1642 a 1727 é incrivelmente rica das mais variadas linhas de pensamento, como descrito, por exemplo, pelo grande historiador inglês Christopher Hill em "*O Mundo de Ponta-Cabeça*" (Hill, Christopher, 1972, tradução de Renato Janine Ribeiro, Companhia das Letras, S.P. 1991).

A alquimia, pela própria natureza de sua prática, origens e história, envoltos em incertezas e registros intencionalmente despistados, é assunto difícil para estudo. De acordo com Newton, um exercício tão emaranhado e atribulado que ele não aconselharia a seu maior inimigo. (Dobbs 1982)

Certamente é uma forma fecunda de conhecimento, desenvolvida desde muitos séculos, em várias partes do mundo. Desdobra-se em várias vertentes, com diversas características de épocas e de regiões, do oriente ao ocidente, da antiguidade remota à idade média, chegando ao Renascimento, na Europa.

Em particular, na Inglaterra de Newton, apresenta-se com grande força de expressão da percepção do mundo natural e social através de complexas atividades experimentais, riquíssimo universo simbólico, e lógicas não lineares de correlação entre interações e significados.

Entre eles, o **ouroboros** tem sido particularmente adequado a estes estudos newtonianos. Representando, em sua versão grega, o todo, o uno, formado de duas partes em oposição, é uma figura de serpente que quase se fecha sobre si mesma, em círculo. A meu ver representa a teoria científica de Newton, um todo auto-consistente, formada através de processo de análise e síntese em que a causa mais geral, encontrada pelo método da razão e experiência, é transformada em princípio. Assim a teoria contém seu objeto de explicação, contém os fenômenos cujas causas estão contidas na própria teoria pelo método de construção, e é expressa por linguagem, que tem significado próprio, conceitual e matemático, que

se constituem mutuamente. Entretanto, a teoria não contém as causas de suas leis, que devem ser pesquisadas por outros estudos. Por isso o círculo não se fecha.

As variadas tradições juntam-se às práticas de dissimulação dos significados dos resultados obtidos, talvez até porque esses resultados não fossem as metas mais importantes. Segundo algumas interpretações das práticas da alquimia o importante era o caminho de desenvolvimento pessoal percorrido pelo pesquisador. Daí não ser importante a busca das causas. Jung, por exemplo, destaca esse significado, e identifica grandes metáforas e representações simbólicas que alia a seu conceito de inconsciente coletivo. (Dobbs, 1975)

Nessa prática de tão longa data foram-se *desenvolvendo lógicas de significação e de correlação*, que partiam dos indivíduos e de suas ações sobre o mundo que os rodeava, sem estabelecer separação nítida na interação humano-natureza.

Assim, por exemplo, a *química vegetal* e a *química bruta* (mineral) eram constituintes do conhecimento que se distinguiam, mas não se separavam na natureza comum de seu *espírito vital*. A *unidade e a transformabilidade* da matéria eram *princípios* seguidos como regra do conhecer. **As manifestações da natureza em seu acontecer eram as realizações que continham a verdade, na conformidade das coisas da natureza entre elas mesmas e com seus princípios de ação.**

Encontramos essas idéias explicitamente delineadas no *Opticks*, livro de Newton não difundido nos séculos XVII e XIX, mas intensamente lido pelos cientistas que trabalhavam nos fundamentos da física, Maupertuis, Faraday, Maxwell, Bohr, Einstein. (Trabalhos realizados com Idely Garcia Rodrigues, Patrícia Abramof e L.A. Mardegan, Nara Guisoni, Edison Martins)

Dobbs defende teses estimulantes sobre o complexo processo de criação, por Newton, do conceito fundamental da teoria da matéria - a *força gravitacional de atração* entre os corpos. Dobbs interpretou no *Clavis*, a chave, sugerida pelo título, do conceito newtoniano.

Considerado misterioso e “metafísico” em épocas posteriores, o *conceito de força na teoria da matéria*, sempre está associado às interações específicas inerentes à natureza dos fenômenos considerados. Força de atração entre os graves, entre os corpos carregados de carga elétrica, de corpos magnéticos, entre os componentes da matéria do núcleo atômico.

O manuscrito “*Clavis*”, juntamente com outros manuscritos alquímicos pertencentes a Newton, datados de 1667 a 1727, nem todos de autoria de Newton, foram analisados por Dobbs. O método de Dobbs repousa em sua habilidade de articular o que chama de *compreensão racional* nos trabalhos de Newton, que se realizam dentro das várias doutrinas filosóficas praticadas no século XVII :

1. Filosofia Natural

Newton segue, certamente, a corrente da filosofia natural, em posição declarada e efetivamente **contra o princípio Aristotélico** segundo o qual, nas palavras de Newton, “cada Espécie de coisa está embebida com uma qualidade oculta característica, pela qual age e produz Efeitos manifestos,” e por isso “não é dizer nada: mas derivar dos Fenômenos, dois ou três princípios gerais do Movimento, e seguindo daí dizer como as propriedades e ações de todas as coisas corpóreas estão contidas nesses princípios manifestos, seria um grande passo em filosofia natural, embora as Causas desses princípios não tenham ainda sido descobertas...”.

Do ponto de vista filosófico Newton é, também, **contra o mecanicismo da corrente de Descartes**, e de outros teóricos da matéria e seus movimentos, que veem os fenômenos regidos por forças mecânicas que atuam nos corpos pela sua qualidade de extensão, por contato, provocando o movimento a partir do repouso, através de leis de conservação ou de restauração da perfeição da ordem divina inicial perdida nos fenômenos perturbativos.

2. Princípios epistemológicos da alquimia

Em sua rigorosa análise Dobbs indica certos *princípios epistemológicos* que delineiam o caminho de Newton para o preferir chamar de sincretismo racionalizador.

Entre eles destacam-se pelo poder de estabelecer correlações de significado: a busca da *prisca sapientiae*, a sabedoria primeira que se perdeu em sua evolução, a *natureza é conforme a si mesma* em suas manifestações; **princípios ativos** são responsáveis pelas transformações, em plantas, animais, minerais, ou mesmo nos significados; e o princípio fundamental **da unidade e a transformabilidade** da matéria, que inclui a luz em constante transformação nos corpos e vice-versa (Newton - *Opticks*, 1704).

“Aos olhos de Newton todo conhecimento verdadeiro era um só, e todas as suas variantes elaborações eram, em última análise, conciliáveis”.

Um exemplo do sincretismo diz respeito tanto ao conceito de Deus como aos de espaço e tempo, mostrando como indissolúveis, em Newton a religião e a teoria da matéria.

Suas fontes de conhecimento para a definição de Deus como substância, aparecem na chamada ao rodapé em que explicita as referências, inclusive os ídólatras, mesmo que equivocadas em seus objetos de adoração (conservamos a notação original):

Essa era a opinião dos Antigos. Assim Pythagoras, em Cícero, De Natura Deorum, livro i, Thales, Anaxagoras, Virgílio, Georg. lib. iv, ver. 220; e Eneida, Lib.vi, ver. 721. Philo Alegor, Philo Alegor, no começo do lib.i, Aratus, no começo de seus Fenômenos. Assim também os escritores

sagrados, São Paulo Actos xvii, ver. 27,28, o Evangelho segundo São João, cap.xiv, ver. 2, Moisés, em Deut. iv, ver.39 e x ver. 14, nos Salmos cxxxix, de David, ver.7,8,9, em Salomão, I Reis ver. 27, Jó, xxii, ver.12,13. Jeremias,xxviii, ver.23,24.:Os Idólatras supunham o sol, a lua, e estrelas, as almas dos homens, e outras partes do mundo, como partes do Deus Supremo, e portanto como objetos de adoração; mas erroneamente. (Principia 1687, Book III: The System of the World, General Scholium, pg.545) (Tradução nossa)

Sobre a prisca sapientiae: compreendo que a origem contem todos os seus desdobramentos de significado. Mas cada um deles é mais limitado em sua potencialidade de desdobramentos posteriores de significados. (Idéia semelhantes lemos em Vico, G. (séc. XVIII, e em Umberto Eco, 1987) A idéia de evolução cíclica é ilustrada por Escher, (1938).

A natureza é conforme consigo mesma deve incluir o ser humano, que faz parte dela, assim como o próprio conhecimento.

O pensamento da unidade e transformabilidade da matéria é um pensamento subjacente, profundo, nas teorias físicas como dinâmicas, como estudos dos movimentos, das mudanças, das transformações, em dados contextos.

Outros conceitos chave

Dobbs analisa conceitos usados na interpretação de Newton, no *Clavis*, entre eles o da **sociabilidade**. Uma sociabilidade inerente à capacidade de ação, de realização, de interação entre os compostos químicos, sais e metais.

A **realização** em questão no “Clavis” é a formação, em delicadas experiências, da estrela proveniente da aglutinação do antinômio metálico na presença de ferro - a **Stella Regulus** - com suas linhas que irradiam de um ponto central. Segundo Dobbs, essa experiência é de grande importância para a interpretação de Newton, que nela aprofunda a compreensão das *qualidades de atração entre as partes da matéria*, como analisaremos adiante.

Trabalhosa e exótica elaboração do uso dos conceitos de *sociabilidade, mediação, coesão, individuação, regulação*, palavras-chave desta inusitada pesquisa das “**possibilidades da natureza**” realizadas experimentalmente, esclarece, segundo Dobbs, a passagem da alquimia à química. A verdade do acontecer experimental é razão de ser, é prova de uma Proposição. (Opticks)

Esses conceitos, discutidos na psicologia atual, apareciam como metáforas das interações entre os homens, entre os homens e a natureza - cósmica (dos planetas) e da terra (dos metais e seus compostos) - e de suas regras semânticas. Num contexto movediço confrontam-se e se complementam “a matéria e o espírito”, em experiências sem buscas de causas imediatas. Reconhecida a possibilidade de acontecer na natureza,

passa-se da alquimia, da teologia, do neo-platonismo, do epicurismo, à filosofia natural e suas leis, como método racional:

“...foi na resolução desse conflito (a separação entre o corpo e o espírito) que o novo conceito de força nasceu na (formulação) de Newton”. (da ação à distância, não só por contato e pela extensão dos corpos)

Descobrimo Lógicas para a Criação de Significados

Newton (*Opticks*, pg. 405) ao assumir as Causas como descobertas propõe estabelecê-las como Princípios (e nisso consiste, pelo que chamei de **lógica da transmutação**. Essa é uma lógica que contém tanto a continuidade como a descontinuidade, ao realizar a *Síntese*, no final do processo de investigação pelo método de *Análise*. Pela Análise se chegou às Causas mais profundas, através do estudo dos fenômenos, que passam então a ser pensados como delas provindo. Os fenômenos serão então explicados pelos Princípios, ou Leis da natureza, pelas quais as coisas mesmas são formadas.

Nenhum raciocínio é, a nosso ver, tão claro e consistente, auto-explicativo no sentido da própria possibilidade humana de conhecer. Vem da idéia de que a natureza é conforme a si mesma.

Essa é uma **lógica circular**, no sentido da **constituição recíproca** (da existência) das coisas e das interações entre elas. No plano do conhecimento, isto é, da significação, plano contido nas relações intersubjetivas pois provem das atribuições compartilhadas de significado, há uma **emergência simultânea de significados**, na constituição do enunciado das Leis (descobertas) da Natureza e das definições das coisas que as constituem...

A lógica da constituição simultânea e recíproca de significados é, a meu ver, fundamental para a compreensão da linguagem científica, para o que está chamado neste ensaio de **sincretismo racional** de Newton.

É fundamental para a percepção da epistemologia de Newton como manifesta na penúltima página do *Opticks*, provavelmente escrita em uma das últimas revisões do livro.

Discerní-la nesse contexto, depende de leitura com certo *bias*. A familiaridade e a *percepção da circularidade constitutiva de significado*, se forma pela análise da complexidade da dinâmica do pensamento de Newton. Acompanhamos seus exercícios de raciocinar **eliminando dicotomias**, isto é, aprendendo a distinguir significados antigos em relação a novos significados que provém de *novas percepções fenomenológicas* e conceituais que guardam entre si relação de **complementaridade**.

Linguagem Alquímica -- Linguagem científica

O livro da *Optica* é permeado por linguagem alquímica e de compreensão difícil por muitas razões, entre elas a de oferecer uma visão extremamente complexa da natureza da luz, que talvez só seja

reconhecida, ou percebida, pela compreensão retrospectiva pela eletrodinâmica quântica. (Penrose, 1987)

O presente ensaio procura, então, a sensibilização para percepção da *compreensão racional*. Essa disponibilidade se cria a partir da epistemologia subjacente nas obras de Newton que se perdeu totalmente nas exposições de suas teorias nos livros didáticos, formando, numa ironia da história, a idéia de Newton mecanicista, ele que explicitamente contra o mecanicismo em filosofia natural, ao enfatizar o acontecer na natureza como o *discurso de Deus* representando, a cada instante, a *manifestação de sua vontade*.

Entendemos como *síntese racional*, isto é, implantadora de racionalidade como **filosofia natural**, a própria busca, e realização, por Newton, no século XVII, da síntese de significados provindos de fontes de conhecimento culturalmente diversificadas em suas variadas formas de ligações com a natureza. Essa síntese criou uma **objetividade**, que, ao contrário do que se lhe atribui hoje em dia, não se dicotomiza da *subjetividade*.

Definida pelo próprio Newton, em seus dias de estudante, em 1664, escrita em caderno de notas como um programa de pesquisa, essa **Philosophia** tem as conotações da ciência atual, contendo também, no contexto do século XVII, a valorização de questões metafísicas fundamentais:

Philosophia

A Natureza das coisas é deduzida, de forma mais segura e natural, a partir das operações de umas sobre as outras do que sobre nossos sentidos. E quando, priorizando as Experiências sobre as operações das coisas uma sobre a outra tivermos encontrado a natureza dos corpos, teremos como encontrar mais claramente a natureza de nossos sentidos. Mas, enquanto durar nossa ignorância sobre a natureza tanto da alma como do corpo, não poderemos claramente distinguir quanto um ato de sensação procede da alma e quanto ele vem do corpo, e etc (Questiones quaedam philosophicae) (Tradução nossa).

Percebemos nessa definição profunda uma objetividade que, pelo princípio da lógica que constitui seu significado, não está separada da subjetividade. A linguagem de Newton que é difícil de Newton de ser assimilada, é mais facilmente trazida à nossa sensibilidade pela poesia de João Cabral de Mello Neto (em Agrestes).

Sempre evitei falar de mim

Falar-me.

Quis falar das coisas.

*Mas na seleção dessas coisas
não haverá um falar de mim?*

ESTRELAS E COESÃO DA MATÉRIA : a Stella Regulus - com suas linhas que irradiam de um ponto central.

Estrela é Símbolo e Coesão Metáfora

A chave de Dobbs é ser uma historiadora que analisa com discernimento os modos de pensar da época e, com grande conhecimento de trabalhos alquímicos e de suas interpretações, reconhece como configuração *arquetípica* o símbolo da estrela constituída pela amálgama de antimônio e como metáfora, a *coesão* universal.

Como **símbolo**: a *star regulus* ou *rex regulus*, representa o acontecido pelas leis manifestas (pela ação dos humanos) da natureza e **reflete nossos sentimentos e intuições**, e também o *todo*.

Sendo a *natureza é conforme a si mesma*, nas reações químicas e em seu significado simbólico (alquimia), se o símbolo representa a atração entre os corpos, será a atração eletromagnética ou gravitacional, ou da força centrípeta dos corpos em rotação (Newton fala sempre na atração magnética, para exemplificar uma idéia primordial de atração).

A **convergência para um centro** seria a grande **metáfora da coesão**. A **realização** contem as regras, o método que revela o processo: o fazer, a consciência (do fazer). É a fonte do conhecimento.

Naquele momento Newton buscava as correlações subjacentes aos movimentos dos corpos : assim relacionou espaço, duração (tempo) e princípios vitais (vis, vertu). Seu conceito de força exprimirá, na teoria da época, a realização da mudança da quantidade de movimento. A força não é a causa, mas a expressão da própria mudança, que tem a ver com a natureza dos corpos em movimento.

Os fenômenos dinâmicos compreendidos nessas teorias acontecem num espaço euclidiano. (Tambem ele somente um recorte, limitado em seu conteúdo, a partir da realidade de fenômenos existentes e não conhecidos). Assim, a expressão matemática da força gravitacional como distância entre os centros dos corpos é definida pelo ângulo sólido que define a perspectiva recíproca entre os corpos, portanto $1/r^2$.

Pensando o papel da *estrela do antimônio* como indicando a sociabilidade universal que evidencia a constituição simultânea da força, da variação do movimento, das massas do espaço-tempo do acontecer, leva a considerar o *espaço*, conceitualmente, dentro dos significados dos outros fenômenos que nele se dão, constituindo-o com as características das correlações que formam um *todo* coerente.

O *espaço* não é então absoluto para qualquer tipo de fenômeno. É, entretanto absoluto para os fenômenos que o definem com as propriedades coerentes com a linguagem matemática e experimental que definem e são definidas pelos princípios da teoria. Assim, também o tempo.

Conclusão

Este trabalho pode mostrar - quando se tem um insight - como a história da interpretação física da natureza está ligada à psicologia, à percepção e às atribuições de significado, às metáforas que odem valer para vários tipos de conhecimento.

A filosofia de Newton, um sincretista que funda a racionalidade científica, através da fusão crítica de conceitos e percepções de sua época.

A conclusão importante é que a **força gravitacional alça a percepção humana à objetividade do cosmos**, num processo complexo de criação.

A compreensão da origem desse tipo de conceito de *força* nos mostra um aspecto estético da racionalidade científica.

Alem disso, o estudo das transformações na atribuição de significado a certas palavras faz compreender, mais profundamente, a simultaneidade, no espaço de significação (Pedrosa et al., 1996), do pensamento (interior, razão) e da ação (exterior, experiência e/ou história), como em Bakhtin, Wallon e Vygotsky.

Bibliografia parcial

- Carvalho, José Jorge 1995 Ensaio Introdutório, Comentários e Notas *in* Mutus Liber - O Livro Mudo da Alquimia, Attar Editorial, São Paulo
- Dobbs, B.J.T. 1988 Newton's Alchemy and his "Active Principle" of Gravitation *in* Schuer and Debrock (eds.) **Newton's Scientific and Philosophical Legacy** , Kluwer Academic Publishers pp. 55-80
- Houston, H.E. 1945 Euclids' Opticks Journal of the American Optical Society
- Kubrin, David 1967 Newton and the Cyclical Cosmos: Providence and the Mechanical Philosophy, Journal of the History of Ideas, 28, pp. 325-34
- Metzer, Hélène 1938 Attraction Universelle et Religion Naturelle chez quelques Commentateurs Anglais de Newton in Philosophie et Histoire de la Pensée Scientifique, Enriques, Federico, (ed.) Hermann & Cie (Ed.) Paris
- Pedrosa, M.I., Almeida Carvalho, A.M. e Hamburger, A. Império 1996 - Auto-organização em Brincadeiras de Crianças, em Auto-organização, CLE-UNICAMP, Pessoa Jr. O., M.E. Gonzalez, Debrun M..(Eds.)
- Westfall, R.S. (1962) "The Foundations of Newton's Philosophy of Nature" - The British Journal for the History of Science, Vol.I, no2, pg 171-183

MODELOS MENTAIS

A. Tarciso Borges (*tarciso@coltec.ufmg.br*)
Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais

1. Caracterização de Modelos

Os processos pelos quais nós compreendemos uma situação nova tem sido objeto de intermináveis discussões entre filósofos, e mais recentemente, psicólogos e estudiosos da cognição. Não há respostas simples para tal questão, embora seja aceito que nossa habilidade em falar sobre um fenômeno ou sobre um objeto está intimamente relacionada com a nossa compreensão dele. O interesse em analogias, modelos e modelos mentais se deve à aceitação da idéia de que nós só podemos apreender o novo em termos daquilo que já conhecemos. Deste ponto de vista, explicações são tentativas de compreender um evento ou uma situação não-familiar em termos de coisas com as quais estamos habituados, ou em termos de sistemas familiares de relações por meio de analogias.

Quando uma coisa é dita ser análoga a outra, implica que uma comparação entre suas estruturas é feita e a analogia é o veículo que expressa os resultados de tal comparação. Analogias são, portanto, ferramentas para o raciocínio e para a explicação. Um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto ou uma idéia, de um evento ou de um processo, envolvendo analogias. Portanto, da mesma forma que uma analogia, um modelo implica na existência de uma correspondência estrutural entre sistemas distintos.

Na linguagem de modelos, o primeiro sistema que é conhecido é a fonte da analogia. O sistema desconhecido que alguém tenta compreender por meio da analogia é o alvo. O sistema fonte pode ser caracterizado como sendo formado de um número de entidades, concretas ou simplesmente imaginadas, que têm propriedades conhecidas, e por relações entre entidades e suas propriedades. Analogias são usualmente classificadas em analogias materiais e analogias formais (Black, 1962). Numa analogia material é o conjunto de entidades e propriedades que descrevem o sistema fonte que serve de base para a compreensão do sistema alvo. Numa analogia formal é uma estrutura abstrata de relações que serve de modelo para entender o domínio não familiar. A estrutura relacional que descreve o sistema fonte permite-nos construir uma representação para compreender o sistema desconhecido. Por exemplo, ao imaginar o átomo de Rutherford como um sistema solar em miniatura, o que interessa é o fato que ambos os sistemas podem ser descritos por meio de uma força central que varia com o inverso do quadrado da distância. Atributos do sistema fonte tais como a temperatura e a cor dos objetos que formam o sistema solar, a

constituição deles ou a quantidade e o tamanho relativo dos planetas são atributos que não interessam nesse exemplo de analogia formal.

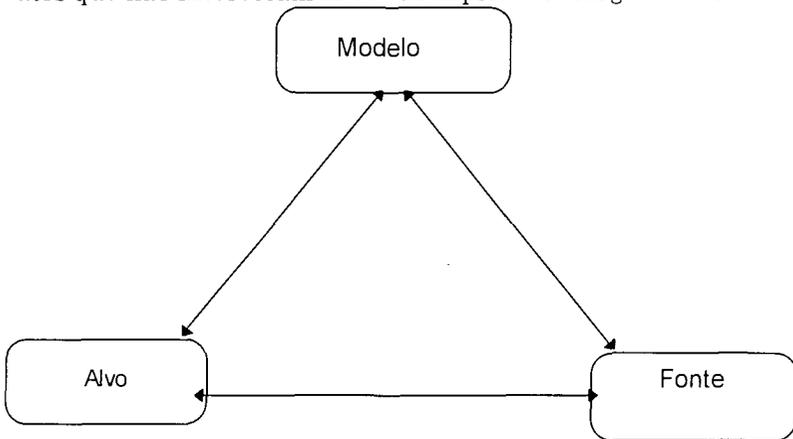


Figura 1 - Relação esquemática entre modelo, sistema fonte e sistema alvo

2. Modelos e Modelos Mentais

Modelos e modelos mentais são correntemente empregados em diversas áreas do conhecimento, tais como:

- Filosofia,
- Psicologia,
- Estudo de Sistemas Homem-Máquina,
- Estudo da Interação Humano-Computador,
- Compreensão da Linguagem e
- Educação.

Apesar de ser utilizado há pelo menos 30 anos, não existe uma definição explícita do que seja um modelo mental. O conceito de modelo mental se disseminou a partir da publicação de dois livros, ambos com o título "Mental Models", publicados em 1983. O primeiro deles, editado por Gentner e Stevens (1983) é uma coleção de contribuições a um seminário sobre o assunto. Nele várias visões do conceito são apresentadas de maneira mais ou menos implícita. O segundo livro (Johnson-Laird, 1983) é um trabalho em que o autor procura explicar o raciocínio dedutivo e a compreensão de texto. A partir daí, o conceito de modelo mental começou a ser usado ao lado de outros como "frame", "schema" e "script" e como resultado, a terminologia empregada nas diferentes áreas não é uniforme. Uma discussão mais detalhada acerca do uso de tais construções pode ser encontrada em Brewer (1987).

Uma caracterização simples de um modelo mental é que ele é um modelo que existe na mente de alguém. Dessa forma, só podemos falar a respeito de nossa própria concepção do modelo mental de uma outra pessoa, o usuário do modelo. Intuitivamente a idéia é simples: pensar

envolve a criação e a internalização de modelos simplificados da realidade. Entretanto, o conceito não pode ser considerado como unitário. Ao contrário, diferentes limitações e pressupostos são impostos no significado do termo pelas diversas comunidades que o empregam.

Na Ciência Cognitiva, os modelos mentais são usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem os sistemas físicos com os quais interagem. Eles servem para explicar o comportamento do sistema, fazer previsões, localizar falhas e atribuir causalidade aos eventos e fenômenos observados (Norman, 1983). Na área de Supervisão e Controle de Sistemas, aceita-se que um modelo mental inclui conhecimento sobre o sistema a ser controlado, conhecimento sobre as perturbações prováveis de afetar o seu funcionamento e estratégias associadas com a tarefa de controle (Rouse e Morris, 1986). O conceito tem sido também usado para caracterizar alguns padrões recorrentes de pensamento criativo de cientistas no curso de suas pesquisas. Nessas situações, embora lidando com situações inteiramente novas, um núcleo central de idéias e representações pode ser identificado e seguido ao longo de extensos períodos de tempo. Tweeney (1992) ao analisar o surgimento do conceito de campo conseguiu identificar algumas idéias e imagens que reapacerem de tempo em tempo nas anotações de Faraday, durante os anos e que ele tentava criar representações mais claras de suas idéias sobre as linhas de força.

A diversidade de usos e de pressupostos envolvidos no conceito de modelo mental pode ser entendido com o uso de um modelo analógico que consiste de uma série de camadas, em que as camadas exteriores contêm completamente as camadas internas. É como um ovo de páscoa que contém outro ovo, que por sua vez contém outros ovos menores. No núcleo de tal família está a concepção de modelo mental que adota o menor dos pressupostos teóricos: a de que o comportamento de uma pessoa é melhor explicado em termos do conteúdo de sua mente. Isto é, em termos dos conhecimentos e crenças de tal pessoa, independente de quaisquer mecanismos mentais.

Esta posição é aceita de maneira geral e deu origem a todo um campo de estudo das origens e da natureza das crenças sobre o mundo físico, em lugar de centrar exclusivamente nas micro-estruturas cognitivas. Vários dos capítulos do livro de Gentner e Stevens (1983) e vários trabalhos sobre concepções alternativas de estudantes conduzidos durante as duas últimas décadas compartilham tais pressupostos. Em todos eles, as analogias têm um papel importante, visto que eles supõem que os modelos mentais são construídos por analogia com sistemas mais familiares. As camadas mais externas do modelo que estou descrevendo compartilham os mesmos pressupostos das camadas interiores e acrescentam outros. Nesse modelo, as camadas mais externas trabalham com um conceito mais restrito de modelo mental.

Num outro nível acrescenta-se o pressuposto de que uma pessoa faz inferências e previsões manipulando seus modelos mentais, numa forma

de simulação mental. Por exemplo, segundo de Klee e Brown (1981) ao fazer previsões ou explicar o funcionamento de um sistema a pessoa simula mentalmente uma estrutura simbólica de componentes interligados. Os tipos de componentes que formam o modelo e a maneira como eles estão conectados contribuem para o resultado. Tal processo de simulação mental é como imaginar um programa simples de computador sendo rodado. Ao rodar tal simulação o usuário leva em conta o seu conhecimento específico da situação tratada e seu conhecimento geral sobre o mundo físico e como ele funciona. Portanto, nessa visão o que distingue um modelo mental de conhecimento em geral, é que o modelo pode ser rodado na imaginação para produzir descrições do estado de um sistema, explicações para o seu comportamento e produzir previsões de eventos e estados futuros.

Num nível mais externo, supõe-se que os modelos mentais são estruturalmente análogos aos sistemas que eles representam e que os mesmos tipos de modelos podem ser construídos através da percepção, da imaginação ou de leitura. A teoria de Johnson-Laird e compreensão de texto e raciocínio ocupa este lugar. De acordo com a teoria de modelos mentais de Johnson-Laird, nós construímos modelos mentais de eventos e estados de coisas no mundo empregando processos mentais tácitos. Nossa habilidade em dar explicações está intimamente relacionada com nossa compreensão daquilo que é explicado, e para compreender qualquer fenômeno ou estado de coisas, precisamos ter um modelo funcional dele.

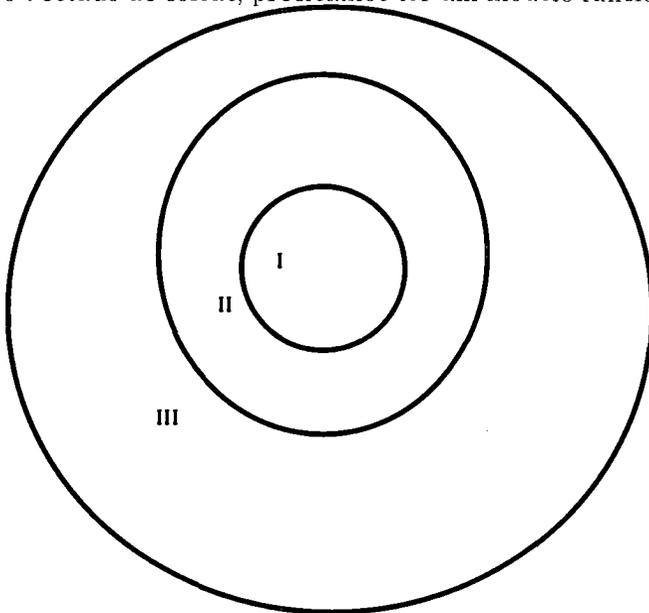


Figura 2 - Um modelo das concepções de modelo mental

Tais modelos são estruturalmente análogos aos processos que acontecem no mundo exterior, embora sejam incompletos e não representem diretamente a realidade. Entretanto eles capacitam cada sujeito a fazer predições e inferências, a compreender fenômenos e eventos, a atribuir causalidade aos eventos observados, a tomar decisões e controlar a execução delas. Alguns desses modelos são adquiridos apenas através de transmissão cultural ou ensino, enquanto que outros são adquiridos da interação cotidiana com outras pessoas e com o mundo.

I - O comportamento de uma pessoa é melhor explicado em termos do conteúdo de sua mente, dos conhecimentos e das crenças de tal pessoa, independente de quaisquer mecanismos mentais. (Gentner e Stevens, 1983; Shipstone, 1985; Osborne, 1983)

II - Acrescenta-se o pressuposto de que uma pessoa faz inferências e previsões manipulando seus modelos mentais, numa forma de simulação mental. (de Kleer e Brown, 1981; Williams, Hollan & Stevens; 1983)

III - Supõe que os modelos mentais são estruturalmente análogos aos sistemas que eles representam e que os mesmos tipos de modelos podem ser construídos através da percepção, da imaginação ou de leitura. (Johnson-Laird, 1983)

Rouse e Morris (1983) classificam modelos mentais em categorias, refletindo a diversidade de uso do conceito nas várias áreas. Estas categorias referem-se a aspectos diferentes do sistema sob estudo e respondem a cinco questões que descrevem e explicam o sistema e seu comportamento:

- | | |
|---------------------------|---|
| Como é o sistema? | <i>(Descrever o sistema)</i> |
| De que o sistema é feito? | <i>(Descrever a estrutura do sistema)</i> |
| Como ele funciona? | <i>(Explicar como funciona)</i> |
| O que ele está fazendo? | <i>(Prever ou Explicar o estado do sistema)</i> |
| Para que ele serve? | <i>(Descrever o propósito do sistema)</i> |

Levando-se em conta tais questões, pode-se dizer que "Modelos mentais são os mecanismos através dos quais os humanos são capazes de gerar descrições do propósito e forma de um sistema, explicar o funcionamento de um sistema e os seus estados observados e prever os estados futuros" (Rouse e Morris, 1986).

Uma outra definição, devida a Carrol e Olson (1988) é a de que um modelo mental é:

"Uma estrutura rica e elaborada que reflete a compreensão do usuário do que o sistema contém, de como ele funciona e de por que ele funciona daquela forma. Ele pode ser imaginado como conhecimento suficiente sobre um sistema que permite ao usuário experimentar ações mentalmente antes de executá-las". Tais definições sugerem que:

Um modelo mental é diferente de uma representação de informações isoladas sobre o sistema. ela é uma estrutura rica e elaborada.

Um modelo mental representa diferentes tipos de informação: o que o sistema contém, como ele funciona e por que se comporta de uma determinada maneira.

Um modelo mental, para algumas pessoas pelo menos, é diferente de outras formas de conhecimento pois ele pode ser 'rodado' com entradas exploratórias, de forma a imaginar o resultado.

Um modelo mental envolve um certo grau de sistematicidade e coerência.

Este último ponto tem que ser tratado com cuidado pois o que parece sistemático e coerente para um especialista, pode não parecê-lo para um leigo ou criança, e vice-versa. Nas várias áreas mencionadas a pesquisa sobre modelos mentais suporta tanto essa idéia de um modelo como um todo coerente e sistemático, bem como a idéia de que o usuário pode manter múltiplas representações de um mesmo sistema, e usá-las de maneira aparentemente incoerente. O debate sobre esta questão parece longe de ser conclusivo, visto que a pesquisa em diferentes áreas produziu evidências suportando ambas as posições (veja Vosniadou e Brewer; 1992, para uma discussão desse ponto).

Numa série de trabalhos, de Kleer e Brown (1981 e 1983) desenvolveram um modelo de como alguém compreende máquinas e dispositivos eletrônicos. Eles partem da noção intuitiva de simular o comportamento do sistema na imaginação. O resultado desse processo manifesta as relações de causa e efeito envolvidas no funcionamento do sistema. Cada sistema é suposto mudar seus estados ao longo do tempo em saltos discretos. Ele é formado de um conjunto de partes, cujo comportamento pode ser modelado. O comportamento do sistema deriva do funcionamento de suas partes e de suas interações. Este é um processo recursivo, pois cada parte de um sistema pode ser modelada como um subsistema, que pode ser imaginada da mesma forma. Isto é, cada subsistema pode ser visto como um sistema num nível mais detalhado. Tal visão sistêmica é muito adequada para determinadas situações, mas parece inadequada em outras, por exemplo, que envolvem transformações.

3. Dispositivos e Processos

A Física qualitativa é uma área das Ciências Cognitivas que estuda como as pessoas representam e raciocinam sobre o mundo físico, utilizando-se de técnicas oriundas da pesquisa em Inteligência Artificial. Seu objetivo é capturar o raciocínio de senso comum de pessoas comuns e também o conhecimento tácito de especialistas e cientistas ao lidar com sistemas físicos. Pesquisas sobre especialistas e leigos mostraram que ambos usam explicações qualitativas para falar de suas experiências, embora a natureza de suas representações mentais seja significativamente diferente (Chi et al., 1981). Uma razão para isso é que o conhecimento formal de Física não se aplica diretamente às situações

com que lidamos no dia a dia. Por outro lado, não há dúvidas de que a nossa habilidade em prever os novos estados que resultam dos eventos à nossa volta e tomar decisões baseados nessas previsões é vital para a nossa sobrevivência.

Dois abordagens distintas para o problema de modelar o raciocínio qualitativo emergiram: uma baseada em dispositivos (de Kleer e Brown, 1984) e uma baseada em processos (Forbus, 1984). Elas compreendem ontologias distintas e tem sido usadas com algum sucesso em algumas situações. Elas são escolhas que o pesquisador tem que fazer ao modelar o pensamento humano.

A ontologia de dispositivos baseia-se na dinâmica de sistemas usada na descrição de sistemas elétricos, mecânicos e térmicos. A idéia básica é imaginar o sistema modelado como constituído de uma coleção de componentes, tais como baterias, chaves, resistores e lâmpadas. Cada componente tem um número limitado de portas através das quais eles comunicam com os outros. O comportamento de cada componente individual é suposto ser conhecido e especificado por leis internas. Os dispositivos têm estados, que descrevem os seus distintos modos de operação. Um interruptor, por exemplo, pode estar aberto ou fechado. É explicitamente suposto que o fluxo de informações no modelo espelha as relações causais no mundo. Uma vez que o modelo do sistema é criado, a maioria das inferências para determinar o comportamento dele é direto, visto que todas as interações são locais. O funcionamento do modelo envolve uma seqüência temporal discreta de eventos através dos quais os componentes mudam seus estados a medida que a informação propaga por eles. Isso requer a introdução de um agente transportador de ação entre os componentes, como na "experiential gestalt" (Andersson, 1986). Cada dispositivo pode ser pensado como um novo sistema, num nível mais detalhado de descrição.

Essa técnica de modelagem requer uma ampla base de conhecimento sobre componentes básicos, e portanto não é usada por novatos. Estes podem apenas descrever o funcionamento de um sistema em termos de aspectos salientes (White e Frederiksen, 1987; Selman et al., 1982). Além disso, esta técnica parece não-natural em situações que envolvem transformações - transformações de energia, reações químicas, mudanças de fase - ou quando não podemos distinguir facilmente quais são os componentes envolvidos. Nós intuitivamente tendemos a pensar em tais situações em termos de processos.

A ontologia de processos baseia na idéia de que as pessoas intuitivamente pensam sobre transformações como processos. Processos não são propriedades dos componentes de um sistema, eles representam novas entidades com suas próprias propriedades. A ontologia de processos incorpora a causalidade explicitamente e necessita de entidades extras para tal. Por exemplo, ao falar de um circuito elétrico introduzimos a idéia de alguma coisa movendo através dele descrita por uma taxa de fluxo, bem como uma causa para tal fluxo.

4. Pesquisa em Modelos Mentais

Muito do nosso raciocínio sobre sistemas físicos consiste em imaginar como um dado estado de coisas desdobra-se em uma série de outros eventos, o que pode ser entendido em termos de nossos modelos mentais. Um modelo mental é conhecimento sobre uma determinada questão ou domínio que usamos para pensar sobre eles por meio de simulação mental. Tais modelos têm a característica de capacitar-nos a realizar ações inteiramente na imaginação. Isso permite-nos internalizar as representações que criamos para as coisas e estados de coisas no mundo e processá-los como se fossem externos. Várias pesquisas têm mostrado que as inferências que alguém faz sobre uma determinada questão depende dos modelos adotados.

Gentner e Gentner (1983) identificaram dois modelos de eletricidade usados por uma população de estudantes americanos: a analogia com um circuito hidráulico e a analogia com objetos em movimento:

- O primeiro trata baterias como reservatórios de água e pode explicar satisfatoriamente a associação de baterias em série ou em paralelo. Os resistores elétricos são imaginados como constrições nos canos. Tal idéia implica em uma redução na taxa de fluxo em toda combinação de resistores, independentemente de como eles são ligados.
- O segundo modelo, objetos em movimento, é mais adequado para explicar a associação de resistores em circuitos elétricos. De fato, indivíduos que adotam tal modelo tiveram desempenho superior em tais problemas. Nesse modelo, a bateria funciona como uma bomba, forçando os objetos a movimentarem-se pelo circuito, enquanto que os resistores são imaginados como obstáculos dificultando a passagem dos objetos pelo circuito. As explicações desse segundo modelo para a associação de resistores conforma com o conhecimento científico.

O estudo de Gentner e Gentner (1983) suporta a idéia de que os modelos mentais dos estudantes sobre um certo domínio influenciam a maneira como eles tratam os problemas propostos naquela área.

Num outro estudo, Kieras e Bovair (1984) investigaram o papel de um modelo mental ao lidar com um sistema simples. Para eles, o termo modelo mental refere-se à compreensão de como um dispositivo funciona em termos de sua estrutura e processos internos. Existem duas posições conflitantes sobre o papel de um modelo mental:

- A visão predominante em Psicologia é que ter um modelo ajuda uma pessoa a entender como uma máquina ou sistema funciona. Entretanto, como Duit (1991) aponta, a maioria dos estudos até aquela data falharam em produzir evidências positivas acerca disso.

- A visão oposta, de que ter um modelo é desnecessário, é predominante na área ligada à produção de equipamentos, como pode ser visto dos manuais técnicos. Estes, em geral, apresentam ao usuário informações sobre 'como fazer', ou seja como proceder para que o equipamento funcione, sem se preocupar com os princípios básicos de funcionamento.

No experimento de Kieras e Bovair (1984), dois grupos tinham que operar comutadores e interruptores para fazer funcionar um equipamento, cujo circuito não era visível. Um grupo recebeu instrução adicional sobre o funcionamento do sistema baseado num modelo dele. Ambos os grupos aprenderam os procedimentos para operar o sistema. Alguns desses procedimentos foram projetados para serem ineficientes, de modo que os participantes no estudo pudessem pensar em modos alternativos de realizá-los. O desempenho do primeiro grupo foi melhor em todas as situações, gastando menos tempo para realizar as tarefas e inventando procedimentos mais eficientes em alguns casos.

Tal estudo sugere que o modelo mental permitiu aos indivíduos do primeiro grupo inferir como operá-lo corretamente. Ao explicar como o sistema funciona, os membros do primeiro grupo fizeram-no em termos do modelo do sistema, enquanto que o membros do segundo grupo fizeram-no em termos de aspectos superficiais. Dois pontos a respeito do estudo de Kieras e Bovair são interessantes para a educação. Em primeiro lugar, pessoas instruídas com a ajuda de um modelo do sistema mostraram sensível ganho em desempenho, inclusive ao imaginar alternativas e procedimentos mais eficientes. Em segundo lugar, ter um modelo do sistema ajuda os indivíduos a inferir o funcionamento do sistema e a explicar o seu funcionamento em termos do modelo.

Explorando tais conseqüências, Mayer (1989, 1992) verificou que estudantes que aprenderam com um modelo, na forma de diagrama e texto, enfatizando as principais partes e ações num sistema, bem como as relações causais entre elas, conseguiram reter mais informação conceitual e gerar mais soluções criativas para novos problemas quando comparados com estudantes que aprenderam sem o modelo. Segundo Mayer, a apresentação de um modelo conceitual ajuda os estudantes a construir melhores modelos mentais do domínio, organizando e integrando o novo conhecimento. Para cumprir tal papel, um modelo icônico deve ter algumas características: ser completo, isto é, representar todos os elementos estruturais e exibir todas as relações entre eles para que possa ser usado produtivamente pelo estudante. Além disso, o nível de detalhe e as relações, estruturas e ações das partes do modelo devem ser adequados ao nível de compreensão do estudante. O modelo deve ser claro a respeito do seu escopo e limitações para representar o sistema alvo e usar um vocabulário adequado aos estudantes. Termos novos devem ser cuidadosamente explicados.

Um aspecto importante é que a habilidade de um indivíduo em explicar e prever eventos e fenômenos que acontecem à sua volta evolui à

medida que ele adquire modelos mentais mais sofisticados dos domínios envolvidos (Borges, 1996). Tais modelos evoluem com o desenvolvimento psicológico e com a instrução, num processo conhecido como mudança conceitual. Numa recente análise de estudos das concepções de estudantes acerca de diversos tópicos de Ciências, Driver e colaboradores (1994) apontam a existência de tendências similares na evolução de tais concepções. Em particular, eles apontam que as concepções dos estudantes tendem a evoluir através da construção de novas entidades para a descrição de eventos e fenômenos, e através de desenvolvimento de estratégias de raciocínio. O estudo que conduzi sobre modelos mentais de eletromagnetismo, envolvendo professores de física, engenheiros, estudantes e trabalhadores (Borges, 1996) suporta a mesma idéia de progressão.

5. Modelos Mentais de Magnetismo

O estudo que eu realizei tinha como objetivo identificar os modelos mentais de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo entre pessoas com diferentes níveis de escolaridade e experiência com eletricidade, e descrever as mudanças em tais modelos à medida que os usuários adquirem conhecimento e experiência com a área. Indivíduos de seis grupos trabalharam com várias situações experimentais simples envolvendo eletricidade, magnetismo e eletroímãs. Cada um fazia previsões sobre o resultados de cada atividade e explicava as razões que o levavam a esperar por tal resultado, depois realizava o experimento e por fim explicava o acordo ou desacordo entre predição e resultado.

Esta seqüência de Previsão, Observação e Explicação é amplamente reconhecida como uma forma eficaz de produzir informações sobre os modelos mentais usados pelos indivíduos (White e Gustone, 1992). A seqüência de questões em cada atividade começa com questões gerais que procuram determinar se os sujeitos reconhecem os objetos que compõem a atividade, para que servem ou para que são usados, e por que são usados da forma como o são. A seguir são apresentadas questões que exigem maior reflexão. Esta estruturação da entrevista espelha os aspectos considerados relevantes num modelo mental, conforme as definições de Rouse & Morris e de Carrol & Olson, discutidas anteriormente. O apêndice apresenta as questões usadas a respeito de magnetismo. A construção do instrumento de pesquisa foi orientada pelas questões que um modelo mental pode responder: Como é o sistema? De que ele é feito? Como ele funciona? O que ele faz? Para que ele serve? Os grupos de indivíduos que participaram do estudo foram:

- PAL - 09 estudantes da 1^a série do segundo grau de uma escola da rede privada de Belo Horizonte.
- TAL - 09 estudantes da 3^a série do segundo grau da mesma escola. Eles tinham estudado eletricidade e eletromagnetismo no ano anterior.

- TAC - 10 alunos da 3ª série de cursos técnicos relacionados com eletricidade.
- TEC - 10 trabalhadores que trabalham em áreas relacionadas com eletricidade, sem instrução formal no assunto. Entre eles estão auxiliares de laboratório e eletricitistas práticos. A maior parte deles não completou a educação primária.
- PRO - 11 professores de física e eletricidade.
- ENG - 07 engenheiros eletricitistas com mais de dois anos de graduação.

Tais grupos diferem em termos do nível de instrução formal em eletricidade ou eletromagnetismo, e em termos de experiência com eletricidade.

- Grupos PAL e TEC sem instrução formal em eletromagnetismo.
- Grupos TAL e TAC estudaram eletromagnetismo na escola de segundo grau.
- Grupos PRO e ENG estudaram eletromagnetismo na universidade.

No estudo foram identificados 4 modelos de eletricidade, 5 modelos de magnetismo e 3 modelos para explicar o surgimento de magnetismo num eletroímã (Borges, 1996). Em vista do espaço disponível apenas os modelos de magnetismo serão apresentados aqui. As respostas dos entrevistados a um grupo de questões foram categorizadas, gerando um conjunto de concepções específicas de cada situação. Os modelos foram identificados a partir de tal conjunto de concepções, de forma que eles explicam porque os sujeitos respondem a certas questões de uma forma e não de outra. É importante deixar claro que tais modelos tratam de aspectos particulares relacionados com eletricidade e magnetismo envolvidos nas atividades propostas aos entrevistados. Eles não pretendem ser modelos compreensivos que podem ser usados para explicar as respostas dadas pelos sujeitos em outras situações. Isso entretanto, não é uma limitação desse estudo, mas uma questão geral a respeito da possibilidade de conhecimento dos modelos mentais de outros.

6. Resultados

Dois aspectos são considerados importantes para a identificação dos modelos de magnetismo: o que é que produz magnetismo num imã, isto é qual é a natureza do magnetismo, e o como se dá a interação magnética entre imãs e outros objetos.

a) Magnetismo como atração

Tal modelo consiste de conhecimento prático ou fenomenal de que imãs atraem objetos próximos e que isso é uma propriedade intrínseca deles. As pessoas que usam tal modelo não mencionam entidades ou mecanismos para explicar os fenômenos magnéticos. Elas apelam para atributos internos dos imãs ou dos objetos que são atraídos, por exemplo,

a "energia" ou a "força" do imã. tais pessoas não distinguem atração magnética de repulsão, nem reconhecem a existência de pólos nos imãs.

b) Magnetismo como núvem (ou área de influência)

Tal modelo acrescenta que a ação dos imãs se manifesta dentro de uma região limitada de influência. Objetos dentro daquela região são atraídos, enquanto que objetos que não são atraídos estão fora do alcance do imã, isto é do "campo magnético". Tais pessoas referem-se ao padrão de limalha de ferro espalhada em torno de um imã como o campo magnético dele. O magnetismo é causado pela organização interna dos átomos e moléculas segundo arranjos especiais - um objeto está magnetizado quando seus átomos estão ordenados. O campo magnético é descrito como uma nuvem ou como uma atmosfera envolvendo os corpos magnetizados. Embora as pessoas falem em pólos magnéticos, eles não entram nas suas explicações.

c) Magnetismo como Eletricidade

Inclui mecanismos para explicar a atração magnética, baseado em cargas elétricas. O magnetismo é devido à atração entre cargas opostas. Os pólos são regiões que contém cargas opostas - positiva ou prótons em um deles e negativa ou elétrons no outro. A fonte desse modelo é a noção de um corpo eletrificado, e o modelo tem o propósito de explicar a existência de pólos distintos nos objetos magnetizados e a indução de magnetismo em certos objetos. Leva à predição de que todos os condutores elétricos são atraídos por um imã, embora alguns saibam "por experiência" que certos metais, tal como cobre e alumínio, não são atraídos.

d) Magnetismo como Polarização elétrica

Trata-se de um refinamento do modelo anterior. Os fenômenos magnéticos são explicados supondo-se que ocorre uma separação de cargas elétricas nos objetos envolvidos, dando origem aos pólos. Nos imãs isso é permanente, enquanto que em objetos metálicos tal "imantação" é temporária. Em geral, supõe-se que o campo magnético atua sobre os átomos ou moléculas girando-os de modo que se alinhem com o campo. Com isso formam-se camadas alternadas de carga positiva e negativa. Isso é difícil de ser feito em determinados materiais, mas campos magnéticos intensos poderiam atrair metais como cobre e alumínio, tal como acontece no caso elétrico, em que materiais não condutores podem tornar-se condutores na presença de um campo suficientemente intenso.

e) Científico

A interação direta entre pólos é substituída pela ação do campo. O magnetismo existe a nível microscópico como resultado do movimento de

cargas elétricas ou devido à existência de imãs elementares. Muitas vezes o modelo não é completamente estruturado, porque não é claro como ocorre interação entre o campo e os átomos de um material. A idéia de micro-correntes circulando dentro dos imãs e materiais ferromagnéticos é a causa mais frequentemente citada para a existência de magnetismo.

A tabela 1 mostra a distribuição de tais modelos entre a população do estudo. Há uma clara tendência das pessoas com nível de instrução mais alto em usar modelos mais sofisticados, embora poucas das pessoas usem o modelo científico. Os dois modelos iniciais exibem uma ontologia simples e provavelmente foram adquiridos bem antes das aulas de ciências. O modelo magnetismo como atração consiste puramente de conhecimento fenomenológico de que imãs atraem certos objetos. O modelo seguinte, magnetismo como área de influência, leva em conta o espaço em volta do imã. Em nenhum deles há referências a entidades invisíveis ou abstratas para explicar fenômenos magnéticos. Nos dois modelos baseados em eletricidade, há a menção explícita de entidades invisíveis, seja eletricidade positiva e negativa ou elétrons e prótons. A interação magnética se dá à distância, embora alguns sujeitos falem frequentemente em ação do campo.

Tabela 1 - Distribuição dos modelos de magnetismo

Magnetismo como:	Atração	Área de Influência	Eletricidade	Polarização Elétrica	Científico (Campo)	Misto
Estudantes do 1º Ano	03	02	02	—	—	02
Técnicos	05	03	01	—	—	01
Estudantes do 3º Ano	—	01	03	02	02	01
Alunos Curso Técnico	—	01	01	03	03	02
Engenheiros	—	01	—	01	04	01
Professores	—	—	01	01	07	02
Total	08	08	08	07	16	09

Deve-se notar que em alguns casos não foi possível identificar o modelo usado por alguns dos sujeitos devido a respostas inconsistentes a diferentes questões que tratavam de um mesmo fenômeno, como se eles usassem modelos distintos para diferentes situações, ou por limitações do instrumento de pesquisa. Tais casos estão agrupados na categoria “modelos mistos”. No caso particular que estou relatando, o número de modelos mistos foi maior que no resto do estudo. Isso se explica pelo fato de que cada modelo deveria conter dois tipos de informação, a saber o que causa o aparecimento de magnetismo nos imãs e como se dá a interação magnética. Na maioria dos casos de modelos mistos, modelos distintos eram usados para explicar os dois aspectos.

Numa outra análise dos resultados, eu procurei por tendências comuns aos modelos dos três domínios estudados, examinando os modelos de cada um dos sujeitos entrevistados. O quadro 1 apresenta um sumário dos modelos identificados nas três áreas estudadas, organizados por ordem de complexidade. Os modelos no topo de cada coluna são caracterizados pelo

uso indiferenciado das noções usadas para falar sobre os eventos no domínio e pelo fato de que são baseados em atributos intrínsecos dos objetos envolvidos em tais eventos. No fim da seqüência estão os modelos mais próximos daqueles aceitos pelos cientistas. Estes se baseiam em relações entre propriedades abstratas dos objetos envolvidos e o raciocínio baseado em modelos. Por exemplo, explica-se a interação magnética em termos de ações envolvendo o campo magnético do imã com cargas ou com os campos elementares dos átomos de um corpo. No meio, estão modelos que dão destaque a aspectos específicos dos fenômenos e eventos e em propriedades dos objetos e entidades que os produzem.

Embora qualquer combinação de modelos para as três áreas seja possível, apenas algumas combinações de modelos são encontradas. Por exemplo, não há nenhum caso de um indivíduo com um modelo sofisticado de magnetismo e com um modelo simplificado do funcionamento do eletroímã, ou de eletricidade. Tal análise permitiu definir um número pequeno de grupos que adotam formas de raciocínio e de explicações semelhantes para as três áreas estudadas. O resultado é muito semelhante ao esquema proposto por Piaget e Garcia (1989) para a evolução psicogenética. Eles argumentam que à medida que a criança desenvolve o foco de suas explicações muda dos objetos envolvidos num fenômeno para as interações entre os objetos, e finalmente, para relações de ordem mais altas, ou relações entre relações. Isso sugere que enquanto adquirem experiência e conhecimento conceitual sobre um dado assunto, os estudantes progredem ao longo de seqüências de modelos tais como a descrita aqui para magnetismo. A análise Driver e outros (1994) sobre os resultados das pesquisas em concepções de estudantes acerca de vários tópicos de Ciências suporta tal idéia. O ponto importante é que ao longo de cada seqüência de modelos pode ser identificado o mesmo padrão de mudanças nos modelos, que também podem ser identificadas nos modelos históricos de magnetismo (Borges, 1996). Elas são:

- Progressiva diferenciação dos conceitos básicos e adoção de um vocabulário mais rico.
- Mudança de modelos fenomenológicos e qualitativos para modelos passíveis de representação matemática mais abstratas. Modelos mais sofisticados não se referem aos fenômenos como eles são percebidos, mas a construções e entidades mais distantes da experiência humana.
- Mudança na ontologia. Modelos mais elaborados introduzem novas entidades para explicar novos aspectos dos eventos num dado campo. Nos casos mais simples, o usuário refere-se aos objetos concretos com os quais ele lida. Progressivamente ele introduz entidades invisíveis e abstratas para se referir aos fenômenos e eventos experimentados, mesmo que muito frequentemente ele assuma que tais entidades existem de fato.

- Mudança nas formas de explicação adotadas. Modelos mais simples são puramente redescritões do que acontece baseado em aspectos salientes dos eventos observados.

Quadro 1 - Modelos identificados de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo

ELETRICIDADE	MAGNETISMO	ELETROMAGNETISMO
FLUXO	ATRAÇÃO	FUSÃO
CORRENTES OPOSTAS	ÁREA DE INFLUÊNCIA	—
—	ELETRICIDADE	ELETRICIDADE NO NÚCLEO
CARGAS EM MOVIMENTO	POLARIZAÇÃO ELÉTRICA	—
MODELO CIENTÍFICO	MODELO CIENTÍFICO	ELETRODINÂMICO

A posição adotada neste estudo é a de que adquirir uma compreensão científica de um fenômeno ou sistema físico consiste em construir modelos mentais dele, que possa ser 'rodado' na imaginação para gerar explicações e descrições do comportamento e do estados do sistema. Tais modelos é que permitem ao sujeito fazer previsões e atribuir causalidade aos eventos e fenômenos observados. Modelos mais simples são adquiridos da interação dos sujeitos com o mundo e com outras pessoas, e consistem de esquemas gerais aplicáveis a um grande número de situações. Modelos mais sofisticados são específicos e baseados em noções abstratas adquiridas através de instrução. Portanto, qualquer estratégia de ensino que pretenda ajudar os estudantes a construírem melhores modelos deve considerar as dimensões ao longo das quais os modelos individuais evoluem. Assim, o vocabulário e as entidades usados para falar sobre o sistema devem ser explicitamente introduzidos. Da mesma forma, ela deve definir tanto as partes que compõem o sistema, bem como as suas inter-relações.

Se os estudantes não compreenderem estes aspectos relacionados com a estrutura do sistema, as relações entre estruturas e aprender a diferenciar os termos básicos do domínio, eles não conseguirão construir modelos produtivos para pensar e falar sobre tal sistema. Tanto professores, quanto os livros textos são raramente claros a respeito dos modelos que eles estão usando para ensinar um determinado tópico. Um outro ponto, mencionado nas definições de modelo mental é que diferentes tipos de informação podem ser exibidas num modelo, dependendo de seu propósito. Portanto, diferentes modelos devem ser desenvolvidos para ensinar sobre um domínio, dependendo dos objetivos escolhidos pelo professor.

Apêndice

Questões Sobre Magnetismo

1) O que vem à sua mente quando você pensa (ou quando você ouve falar) em:

Magnetismo?

Campo Magnético?

2) Mostrar um imã em barra ao entrevistado.

a) O que é isso?

b) Para que ele serve?

c) (Depois de reconhecer o imã) Por que ele é usado dessa forma ou se comporta dessa forma?

3) Um conjunto de pequenos objetos (pedaços de alumínio, madeira, clipe de aço, isopor, latão, cobre e borracha) é colocado sobre a mesa.

a) Separe os materiais que você acha que o imã vai puxar.

b) Por que você acha que tais materiais são atraídos pelo imã?

Experimente

c) Os resultados obtidos estão de acordo com a sua previsão? Como você explica tais resultados?

d) Por que o imã consegue atrair alguns objetos mesmo sem encostar neles?

e) (Mostra um segundo imã). Suponha que você tenha dois imãs, como estes. Descreva uma maneira de decidir qual deles é o mais forte.

4) Colocar um pedaço de cartolina sobre o imã.

a) O que você espera que aconteça se jogarmos limalha de ferro sobre a folha?

b) Por que você pensa assim?

Espalhar limalha de ferro sobre o papel.

c) O resultado está de acordo com sua previsão? Como você pode explicá-lo?

d) O que mais chama a sua atenção nesse caso?

5) Mostrar uma bússola ao entrevistado.

a) O que é isso?

b) Para que isso é usado?

c) Por que isso é usado da forma como você disse?

d) Por que isso se comporta desse jeito?

e) O que você espera que aconteça se você colocá-la próximo de um imã.

f) Por que você acha isso?

Experimente.

g) O resultado está de acordo com a sua previsão? Explique-o.

6) O que vem à sua mente quando você pensa em:

a) Magnetismo?

b) Campo Magnético?

Referências

- Andersson, B. (1986). The experiential gestalt of causation: A common core to pupils' preconceptions in science. European Journal of Science Education, Vol. 8 (3), pp. 155-171.
- Black, M. (1962). Models and Metaphors. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Borges, A. T. (1996). Mental Models of Electromagnetism. Tese de doutoramento, Department of Science and Technology Education, Reading University, UK.
- Brewer, W.F. (1987). Schemas versus mental models in human memory. In P. Morris (Ed.) (1987). Modelling Cognition. Chichester: John Wiley (pp. 187-197).
- Carrol, J.M. & Olson, J.R. (1988). Mental models in human-computer interaction. In M. Helander (Ed.) Handbook of Human-Computer Interaction. Amsterdam: Elsevier.
- Chi, M.T.H., Feltovich, P.J. and Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. Cognitive Science, Vol. 5, pp. 121-152.
- Closset, J.L. (1983). Sequential reasoning in electricity. In Research on Physics Education: Proceedings of the First International Workshop. La Londe les Maures - France, June 26 - July 13. Editions du CNRS, Paris, pp. 313-319.
- de Kleer, J. and Brown, J.S. (1981). Mental model of physical mechanisms and their acquisition. In J.R. Anderson (Ed.). Cognitive Skills and Their Acquisition. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum (pp. 258-310).
- de Kleer, J. and Brown, J.S. (1983). Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models. In D. Gentner and A.L. Stevens (Eds.) Mental Models. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum (pp. 155-190).
- de Kleer, J. and Brown, J.S. (1984). A qualitative physics based on confluences. In D. G. Bobrow (Ed.) Qualitative Reasoning About Physical Systems. Cambridge, MA: MIT Press (pp. 07-84).
- Driver, R., Leach, J., Scott, P. and Wood-Robinson, V. (1994). Young people's understanding of science concepts: Implications of cross-age studies for curriculum planning. Studies in Science Education, Vol. 24, pp. 75-100.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. Science Education, Vol. 75 (6), pp. 649-672.
- Forbus, K.D. (1984). Qualitative process theory. In D. G. Bobrow (Ed.) Qualitative Reasoning About Physical Systems. Cambridge, MA: MIT Press (pp. 85-168).
- Gentner, D. and Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or moving crowd: Mental models of electricity. In D. Gentner and A. L.

- Stevens (Eds.), Mental Models. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum (pp. 99-130).
- Gentner, D. and Stevens, A.L. (1983). Mental Models. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Johnson-Laird, P. (1983). Mental Models. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kärqvist, C. (1985). The development of concepts by means of dialogues centred on experiments. In R. Duit, W. Jung and C. von Rhoneck (Eds.), Aspects of Understanding Electricity. Kiel, Germany: IPN (pp. 215-226).
- Kieras, D.E. and Bovair, S. (1984). The role of a mental model in learning to operate a device. Cognitive Science, Vol. 8, 255-273.
- Mayer, R.E. (1989). Models for understanding. Review of Educational Research, Vol. 59 (1), pp. 43-64.
- Mayer, R.E. (1992). Knowledge and thought: Mental models that support scientific reasoning. In R.A. Duschl and R.J. Hamilton (eds.) Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice. Albany, NY: SUNY Press (pp. 226-243).
- Norman, D.A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner & A.L. Stevens (Eds.) Mental Models. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum (pp. 07-15).
- Osborne, R. (1983). Towards modifying children's ideas about electric current. Research in Science and Technology Education, Vol. 1 (1), pp. 73-82.
- Osborne, R. and Freyberg, P. (1985), Learning in Science: The Implications of Children's Science. Auckland: Heinemann
- Piaget, J. and Garcia, R. (1989). Psychogenesis and the History of Science. New York: Columbia University Press
- Rouse, W.B. and Morris, N.M. (1986). On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. Psychological Bulletin, Vol. 100 (3), pp. 349-363.
- Rozier, S. and Viennot, L. (1991). Students' reasoning in thermodynamics. International Journal of Science Education, Vol. 13 (2), pp. 159-170.
- Selman, R.L., Krupa, M.P., Stone, C.R. and Jaquette, D.S. (1982). Concrete operational thought and the emergence of the concept of unseen force in children's theories of electromagnetism and gravity. Science Education, Vol. 66 (2), pp. 181-194.
- Shipstone, D. M. (1985). Electricity in simple DC circuits. In R. Driver, E. Guesne and A. Tiberghien (Eds.), Children's Ideas in Science. Milton Keynes, England: Open University Press (pp. 33-51).
- Tweney, R. (1992). Inventing the field: Michael Faraday and the creative "engineering" of electromagnetic field theory. In R.J. Weber and D.N. Perkins (Eds.) Inventive Minds: Creativity in Technology. New York: Oxford University Press (pp. 31-47).

- Vosniadou, S. and Brewer, W.F. (1992). Mental models of the earth. Cognitive Psychology , Vol. 24, pp. 535-585.
- White, B.Y. and Frederiksen, J.R. (1987). Qualitative models and intelligent learning environments. In R.W. Lawler and M. Yasdani (Eds.) Artificial Intelligence and Education. Vol.1, Norwood, NJ: Ablex (pp. 281-305).
- White, R. & Gunstone, R. (1992). Probing Understanding. London: Falmer Press.
- Williams, M.D., Hollan, J.D. & Stevens, A.L. (1983). Human reasoning about a simple physical system. In D. Gentner & A.L. Stevens (Eds.) Mental Models. Hillsdade, NJ: Lawrence Erlbaum.

O CÉREBRO COMO UM SISTEMA COMPLEXO ATUANDO NUM NÍVEL QUÂNTICO

Alfredo Gontijo de Oliveira (alfredo@oraculo.lcc.ufmg.br)
Departamento de Física da UFMG
Caixa Postal 702, 30161-970
Belo Horizonte

Resumo

O Ensino de Física encontra nos Sistemas Complexos, pelo seu caráter unificador, o grande cenário revolucionário para a prática de um ensino contemporâneo e inovador, em contraposição àquele estabelecido pelo paradigma Newtoniano, fragmentado e rico em dicotomias desconfortáveis. Os modelos tradicionais para o cérebro utilizam a Física Clássica. Entretanto, como atualmente fundamentada, a Física Quântica tem sido cada vez mais utilizada como uma teoria apta para contribuir no entendimento dos processos mentais já existindo evidências claras de que as ações mentais ocorrem, pelo menos em parte, no contexto quântico. Se considerarmos que o cérebro é o mais complexo sistema jamais encontrado na natureza, podemos antever que, a ciência irá utilizar cada vez mais a Física Quântica para o aprofundar o entendimento cérebro. Os resultados desses estudos extrapolarão a física, pois nenhuma área do conhecimento escapa de uma cobertura dos sistemas complexos.

I. Introdução

Começamos esse trabalho procurando uma justificativa para a crença de que mudanças profundas estão em curso nos fundamentos da Física pois estamos sendo confrontados com a existência de fragilidades das teorias atuais, as quais evidenciam a necessidade do estabelecimento de outra, mais abrangente. Segundo Hawking [1]: “Se realmente descobrirmos uma teoria completa, seus princípios gerais deverão acabar sendo compreendidos por todos, não apenas por um punhado de cientistas. A descoberta de uma teoria cosmológica completa levaria à compreensão da “Mente de Deus”. Abordaremos, especificamente, a questão de saber se a consciência emerge de ações quânticas ocorrendo em nível de cérebro, ou, nas palavras de Penrose [2], se existe alguma relação entre o estado de consciência e um estado quântico altamente coerente no cérebro.

No presente, e de uma forma cada vez mais acentuada, sofisticados equipamentos com elevado teor agregado de tecnologias contemporâneas têm sido incorporados ao cotidiano das pessoas. Na área de ciência da informação, as mudanças são radicais e ocorrem de forma tão rápida que chega a ser difícil acompanhá-las até mesmo para especialistas da área. A alternativa encontrada pela comunidade científica tem sido a

especialização associada ao trabalho em equipe. As associações são estruturadas de modo a abordar um tema de forma abrangente, garantindo-lhes espaço num cenário internacional altamente competitivo. Num processo de retro-alimentação, as máquinas como o computador, tendo os processos mentais como modelo, têm contribuído de forma determinante para o avanço do entendimento do cérebro. Em decorrência da disponibilidade de máquinas sofisticadas, a área em que as atividades de pesquisa tem se intensificado de forma rápida, tanto em nível acadêmico, quanto em nível aplicado, está relacionada com a procura do entendimento do fenômeno da consciência, no contexto das “ciências neurológicas”. Assistimos, também, a uma intensa atividade no estabelecimento das condições para se obter a “inteligência artificial”, tendo por base máquinas construídas pelo homem [3]. Nesse caso, a pressão tecnológica tem empurrado a fronteira do conhecimento para um limite caracterizado por uma tendência para se confeccionarem estruturas e dispositivos cujos detalhes estruturais são da mesma dimensão das separações interatômicas nos sólidos. Nesse limite, as propriedades físicas são fundamentalmente dominadas por efeitos quânticos, o que motiva o estudo e a concepção de dispositivos inteiramente novos. Esses novos dispositivos quânticos irão assegurar a evolução de várias tecnologias atuais e o advento de outras baseadas no chaveamento eletro-óptico ou totalmente óptico, as quais, seguramente, terão enorme impacto econômico e social a médio prazo. Nessa linha de trabalho, a relevância e o sucesso da Mecânica Quântica (MQ) são evidentes. Por outro lado, nos processos biológicos associados às atividades mentais, a relevância da MQ ainda é motivo de grandes disputas científicas. O ponto frágil é que não se conseguiu, ainda, estabelecer uma teoria fundamentada para o processo da consciência, esta considerada como um extremo da complexidade. Existem algumas razões, entretanto, sugerindo que, de fato, os processos mentais têm uma dimensão quântica. Podemos citar três: a) a consciência como uma experiência holística; b) a velocidade com que o cérebro forma os padrões mentais e c) testes experimentais sugerindo uma correlação entre campos elétricos aplicados e processos quânticos em nível cerebral. Além disso, existe, também, a comprovação da existência de fenômenos biológicos atuando no domínio da MQ. Como exemplo citamos o olho que é capaz de detectar um único fóton e as experiências em membranas biológicas como foi demonstrado nas experiências de Froehlich [4]. Apesar de, ainda, não podermos considerar que uma correlação direta de processos mentais com a MQ esteja estabelecida em bases sólidas, iremos apresentar evidências relatadas na literatura que sugerem que os processos mentais estão nela fundamentados. Assim, o ensino da teoria quântica assume uma nova relevância para a humanidade. Esse cenário contribui para colocar o “Ensino de Física” numa situação de maior destaque, pois uma sólida formação em ciências será necessária, não somente para os especialistas, mas para profissionais atuando nas mais variadas áreas.

II. Três Questionamentos da Mecânica Quântica

A teoria quântica apresenta uma descrição fantástica e precisa da realidade física numa escala de pequenas dimensões. O formalismo da MQ foi elaborado para acomodar duas peculiaridades dos sistemas atômicos ou subatômicos, quais sejam: os possíveis resultados de uma medida relacionados a uma magnitude física e os aspectos probabilísticos dos resultados dessas medidas. Magnitudes físicas que são mensuráveis são denominadas observáveis. Para abordar essas duas questões básicas, certos algoritmos foram propostos. Destacam-se dois. O primeiro, é o *algoritmo da quantização*, em que se procura encontrar os valores que são resultados possíveis para um observável. O segundo, é o *algoritmo estatístico*, em que se procura determinar a probabilidade de um valor que irá resultar de uma medida executada.

A MQ é rica em paradoxos e obscura em certos aspectos. Em pelo menos três pontos, profundos questionamentos têm sido formulados. A primeira questão relaciona-se com a problemática de a MQ ser ou não uma teoria completa. A condição necessária para a *completeza* é de que todo elemento da realidade física deva ter uma contrapartida na teoria física. Pressupõe-se a existência de equações matemáticas que se ajustam ao comportamento da natureza. A segunda questão aborda o problema da *não-localidade* que propõe que um elemento de realidade pertencente a um sistema não pode ser afetado por medidas realizadas “à distância”, em outro sistema. A terceira questão relaciona-se à natureza da *realidade*. O elemento de realidade é um condicionante. Se o resultado de uma medida pode ser previsto com certeza, então existe um elemento de realidade correspondente à grandeza física, tendo um valor igual ao resultado da medida. Portanto, a realidade objetiva é algo sólido e é constituída de coisas que têm atributos, tal como massa. Os mistérios da MQ podem ser classificados em dois tipos. Existem aqueles que se apresentam como confusos e aqueles que parecem paradoxais. No primeiro caso, temos o fenômeno EPR (numa referência à proposição da não-completeza formulada por Einstein-Podolsky-Rosen [5]) e, no segundo, temos o fenômeno do Gato de Schroedinger [6] (*quantum entanglement* ou o emaranhado quântico). A utilização do formalismo da MQ permite a seguinte descrição: no momento em que se procede a uma medida, o sistema, como um todo, colapsa instantaneamente (fenômeno conhecido como o colapso da função de onda) numa condição clássica bem definida. Portanto, o universo parece somente existir se existe um observador para o universo. O mecanismo associado ao colapso da função de onda pode ser utilizado para exemplificar os fenômenos de EPR e do Gato de Schroedinger. Na experiência de EPR dois constituintes de um sistema não podem ser considerados como independentes, mesmo quando separados em qualquer extensão, ou seja, não é possível separar partes de um sistema quântico, caracterizando o aspecto holístico da MQ. As partes somente podem ser separadas após o colapso da função de onda.

Embora os objetos da nossa experiência diária não pareçam se comportar da forma estranha como a descrita pelo formalismo da MQ, e é por isso que ela tem sido sistematicamente questionada nos seus fundamentos, ela parece ser uma teoria com fundamentos adequadamente estabelecidos para ser utilizada, com perspectivas de sucessos expressivos, para permitir que seja consolidado o entendimento dos processos mentais. Isso decorre, basicamente, das pretensas dimensões quânticas do cérebro, que ainda não foram devidamente estudadas.

III. O “Computabilismo” do Pensar

É da mais fundamental importância, para o entendimento dos processos mentais, a definição da extensão em que o pensar é computacional. Ou seja, a questão básica é: como pode a mente surgir da não-mente? Essa questão nos remete para os fundamentos da inteligência artificial, pois será a partir deles que poderemos determinar a chance de se conseguir reproduzir em máquinas, atividades mentais sofisticadas como consciência e autoconsciência. Pesquisa em “vida artificial” usa o computador para modelar processos que, começando com interações relativamente simples, permitem gerar complexidades como: “auto-organização, reprodução, adaptação, evolução, objetivo”. O fascínio pelos computadores e pela inteligência artificial nos leva a confrontar essas máquinas sofisticadas com nós mesmos, levando-nos a uma “auto-reflexão”. A questão pode ser abordada numa grande diversidade de alternativas que, num primeiro nível, pode ser descrita através de quatro abrangentes pontos de vista [2].

1. Todo pensar é computacional. Nesse caso, a consciência pode ser efetivada através de processos computacionais adequados.
2. A consciência é uma característica de um processo físico ocorrendo em nível do cérebro, mas enquanto qualquer ação física pode ser simulada computacionalmente, esta não propicia o aparecimento da consciência.
3. Enquanto uma ação física apropriada do cérebro produz a consciência, a ação física não pode ser simulada computacionalmente. Essa alternativa define a não-computabilidade da consciência e caracteriza a negação para o “entscheidungsproblem” (problema da decisão).
4. A consciência não pode ser explicada por termos físicos, computacionais ou quaisquer outros termos científicos.

Muitas pessoas se sentem bastante incomodadas diante da perspectiva de que nossa mente atue de acordo com processos computacionais. Entretanto, é difícil aceitar uma visão totalmente “dualística”, no sentido de que o corpo e a mente possam obedecer a um conjunto de leis totalmente independentes. De qualquer forma, qualquer que seja o processo de controle da mente, ele deve ser parte integrante de

um esquema maior que governa todos os atributos de nosso universo. Não parece existir uma razão pela qual devamos nos omitir de discutir o conceito de mente em termos que devem relacioná-la claramente com outros conceitos físicos. Existem proposições e evidências de que o processo da consciência deve envolver ações físicas não algoritmizáveis, o que nos remete para a terceira opção acima. Entretanto, parece que, tanto a Física Clássica quanto a Física Quântica, da forma como estão atualmente estruturadas, não acomodam os aspectos da não-computabilidade que se procuram. É por isso que introduzimos anteriormente os questionamentos sobre os aspectos fundamentais da MQ. Nesse caso, uma alternativa seria trabalhar na perspectiva de se encontrar uma teoria mais abrangente para acomodar a Física Clássica, a Física Quântica e os aspectos da não-computabilidade. Enquanto não dispusermos dessa opção formal, a alternativa que nos é colocada é de analisar a possibilidade de avanços no entendimento dos fenômenos mentais com base na MQ e verificar a que resultados chegaremos. Em conclusão, devemos procurar detalhes estruturais sutis do cérebro operando em nível quântico, e devemos trabalhar, também, de forma mais criteriosa, a questão fundamental de como a estrutura material realmente é, numa perspectiva quântica.

Por que é que o fenômeno da *consciência* (pelo menos a consciência da consciência) parece ocorrer, tanto quanto sabemos, somente no cérebro ou em relação ele? A resposta a essa questão deve estar, de alguma forma, relacionada com a sutileza e com a complexidade da organização do cérebro. Essa organização é que deve ter propiciado a utilização de mecanismos através de ingredientes camuflados, eventualmente relacionados com a não-computabilidade, já existente no comportamento da matéria como ordinariamente a conhecemos. De fato, Penrose [2] argumenta que as situações em que os sistemas quânticos executam ações não podem ser explicadas em termos puramente computacionais, na forma definida por Turing [7]. Portanto, Penrose argumenta que o cérebro atua além de termos meramente computacionais, e que é necessário ter uma nova compreensão do mundo físico, no limiar entre o nível quântico e o nível clássico. O fundamento para a necessidade de um elemento não-computacional da atividade cerebral estaria calcado no trabalho de Goedel [8]. Uma consequência desse trabalho é a crença de que a Matemática não pode ser restrita a um mero conhecimento algorítmico. Isso permite que, através de processos de seleção natural, a natureza encontre caminhos para incorporar a não-computabilidade a uma enorme gama de situações, não ficando restrita somente à Matemática [9].

IV. Processos Mentais Quânticos

O processo mental, na visão convencional, é formulado em termos essencialmente clássicos. Sinais neuronais são vistos como nos estados

“on” (ativado) ou “off” (não ativado), de maneira similar ao que ocorre no circuito integrado de um computador. Nessa abordagem não é necessário pensar nos emaranhados quânticos vistos como uma superposição de “on” e “off”. A principal fundamentação é de que nenhum fenômeno quântico desempenharia qualquer papel relevante nas escalas operacionais dos neurônios. Existem, entretanto, opiniões [10] de que é necessário procurar em detalhes estruturais inferiores aos dos neurônios para se encontrar o nível operacional quântico dos processos mentais. Uma vez estabelecidas essas sutilezas, estaria definido o local para o aparecimento da coerência quântica em grandes escalas na estrutura cerebral. Portanto, a tarefa não se resume em procurar a presença de efeitos quânticos em constituintes cerebrais, mas em procurar fenômenos que mantêm a coerência quântica em grandes distâncias. Já existem evidências da importância dos efeitos quânticos nas ações sinápticas, mas mesmo se as ligações sinápticas forem controladas através de processos que envolvam os aspectos da coerência quântica, isso não quer dizer que existam efeitos ocorrendo em nível quântico e envolvendo o neurônio ou a transmissão de sinais. Ou seja, é difícil pensar numa superposição quântica de um neurônio sinalizando e um não-sinalizando, simultaneamente. O ambiente térmico, existente no cérebro, induziria ao colapso da função de onda. A superposição quântica leva à idéia da computação quântica, como proposto por Deutsch e Feynman [11]. A computação quântica, como fundamentada, não introduz nenhum ingrediente conceitualmente novo, se se considera uma máquina de Turing (computação clássica) randomizada. Portanto, ela não parece ser a alternativa para a introdução de aspectos relacionados com a não-computabilidade.

Um estágio preliminar da inteligência artificial plena, como abordada acima, é a “robótica localizada”, que, tradicionalmente, tem sido exemplificada no caso das formigas que respondem a estímulos “locais”, caracterizada por fenômenos como: evitar obstáculos, afrontar inimigos, procurar o ninho e alimentos, etc., ou seja, determinada por reações imediatas aos detalhes locais. As formigas estão inseridas numa macro organização - o formigueiro, mas permanece a polêmica sobre a consciência da realização dos seus atos.

Num estágio ainda mais primitivo, podemos considerar aqueles animais de mais baixa complexidade, ou seja, aqueles desprovidos de neurônios ou ligações sinápticas. Nesse cenário, vamos nos confrontar com uma questão, no mínimo, incômoda. Um organismo unicelular, como o *paramecium*, apresenta uma “robótica localizada” bastante sofisticada, pois ele sabe procurar alimento, fugir do inimigo, se abrigar e, de forma incrível, aprende com a experiência, apesar de não ser dotado de um só neurônio. Ele é, portanto, capaz de executar atividades complexas. Qual é a estrutura operacional capaz de comandar o comportamento de tais animais? O *paramecium* possui uma estrutura conhecida como *cytoskeleton*, e como, aparentemente, ela é que é responsável por

controlar o seu comportamento, deve ser importante para o comportamento da célula como um todo. O *cytoskeleton* contém microtubos, que são proteínas poliméricas. Hameroff [12] propôs que são esses microtubos que atuam como os “autômatos celulares”, em nível quântico. De fato, eles são as estruturas que apresentam peculiaridades que os caracterizam como entidades quânticas. Entre outras características, têm dimensões nonométricas. Existe a possibilidade de preservação de processos quânticos, superpostos e emaranhados no interior desses microtubos sem que sejam perturbados pelo ambiente térmico cerebral. A propagação de sinais parece ser relevante na definição da maneira como várias moléculas são transportadas ao longo dos microtubos e para as várias interconexões entre microtubos vizinhos.

No contexto do cérebro, os microtubos estão presentes na extremidade pré-sináptica dos axônios e já foram determinados como elementos importantes na liberação dos neurotransmissores químicos, que são substâncias com uma estrutura similar à dos fulerenos. Existem evidências de que o *cytoskeleton* seja responsável pela determinação de variações na intensidade da sinapse e que determine a localização onde as ligações sinápticas são efetuadas. Assim, de acordo com proposição de Hameroff, a atividade cerebral está centrada nos microtubos, num nível estrutural bastante inferior ao do modelo tradicional, que é baseada nos neurônios. Portanto, se, de fato, são os microtubos que controlam as atividades do cérebro, nos confrontamos com um novo cenário que admite uma grande diversidade de abordagem. Podemos, por exemplo, tratar questões tão diversas quanto: a) Como os microtubos podem nos ajudar a abordar a questão da eventual não-computabilidade dos processos mentais? b) Em que extensão a MQ passa a ser determinante na caracterização de funcionamento do cérebro? c) Em que extensão a mudança do elemento básico do processamento mental contribui para aumentar a complexidade do sistema? Se, por um lado, os microtubos não oferecem, ainda, uma alternativa para a caracterização da não-computabilidade, eles servem para sinalizar a necessidade da utilização da MQ para se estudar os processos mentais e para aumentar, expressivamente, a capacidade computacional do cérebro. De fato, enquanto a capacidade computacional, baseada somente na estrutura neuronal, como a conhecemos, é de aproximadamente 10^{11} bit/s, ela sobe para cerca de 10^{21} bit/s, quando se consideram os microtubos.

Em 1975, Froelich [13] apresentou resultados sugerindo a possibilidade de existência do fenômeno da coerência quântica em sistemas biológicos. Com base nas condições físico-químicas existentes dentro dos microtubos, eles são o local mais plausível para a ocorrência da coerência quântica no cérebro. Existem algumas evidências nessa direção: as paredes dos microtubos estabelecem condições para um isolamento do meio ambiente cerebral e as condições dentro dos microtubos estabelecem condições para a ocorrência do emaranhado quântico por tempos apreciáveis. No estágio atual da ciência, cabe

analisar a existência de evidências relacionando o fenômeno da consciência com os microtubos. Experiências de estados de inconsciência induzidos por diferentes tipos de analgésicos em animais de variados graus de complexidade (desde o homem até o *paramecium*), sugerem que, de fato, a atuação dos analgésicos, conseqüentemente a consciência, ocorre em nível dos microtubos [6].

V. Conclusões

A utilização da Física Clássica no entendimento dos processos mentais tem se mostrado bastante ineficaz. A teoria clássica falha quando se procura explicar algumas peculiaridades que reconhecemos como verdadeiras com base em resultados experimentais. A idéia de tratar o cérebro como um computador (ou vice-versa) se mostrou ineficiente quando considerado a partir das projeções feitas no passado com relação à inteligência artificial. A visão dualista tradicional leva a uma nítida separação entre o natural e o cultural e o tema tem sido revisitado na perspectiva de se encontrar a fundamentação não-computacional dos processos mentais. A questão que procuramos elaborar nesse trabalho concerne ao questionamento sobre a existência de algum sistema quântico contido no cérebro. Essas questões foram inicialmente colocadas por David Bohm [14], há cerca de meio século, quando explicitou o paralelismo que existe entre algumas características de nossa experiência cotidiana e a maneira como um sistema quântico se comporta. Desde então, tem-se trabalhado arduamente na procura dessa dimensão quântica dos processos mentais. Algumas experiências que estão sendo presentemente realizadas fundamentam essa hipótese. A existência dessa dimensão quântica no cérebro oferece a possibilidade de se construir um novo modelo para o processo de pensar e, talvez, por conseqüência, para uma nova visão social.

Referências

1. Stephen W. Hawking - "A Brief History of Time : From the Big Bang to Black Holes", Bantam, 1993.
2. Roger Penrose - "Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness", OXFD, 1994.
3. Raymond Kurzweil - "The Age of Intelligent Machines", MIT Press, 1992.
4. Froelich, H., Nature, 228, 1093 (1970).
5. Einstein, A., Podolsky, B. e Rosen, N., Physical Review, 47, 777 (1935).
6. Schroedinger, S., tradução para o inglês por Trimmer, T., Proc. Amer. Phil. Soc., 124, 323 (1980)
7. Turing, A.M., Mind, 59 (1950).
8. Goedel, K., Monatshefte fuer Mathematik un Physik, 38, 173 (1931).

9. Veja por exemplo: M. Mitchell Waldrop - "Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos", Touchstone Books, 1993.
10. John C. Eccles, "How the self controls its brain", Springer, 1994.
11. Deutsch, D., Proc. Roy. Soc. (Lond.), A400, 97 (1995) e Feynman, R.P., Foundations of Physics, 16(6), 507 (1986).
12. Stuart R. Hameroff, "Ultimate computing. Biomolecular Consciousness and Nano-technology" - North-Holland, 1987.
13. Froelich, H., Proc. Natl. Acad. Sci., 72(11), 4211 (1975).
14. David Bohm e B.J. Hiley - "The Undivided Universe", Routledge Trade, 1995.

Leituras Complementares

1. John D. Barrow - "Theories of Everything : The Quest for Ultimate Explanation", Fawcett Books, 1992.
2. David Bohm - "Wholeness and the Implicate Order", Routledge Trade, 1980.
3. John Cornwell (Ed.) - "Nature's Imagination: The Frontiers of Scientific Vision", Oxford Un. Press, 1995.
4. Paul Davies - "The Mind of God : The Scientific Basis for a Rational World", Touchstone Books, 1993.
5. Brian Goodwin - "How the Leopard Changed Its Spots: The Evolution of Complexity", Touchstone Books.
6. Douglas R. Hofstadter - "Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid", Random House, 1989.
7. Roger Penrose - "The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics", Pinguim Books, 1991.
8. Michael Redhead - "Incompleteness, Nonlocality, and Realism: A Prolegomenon to the Philosophy of Quantum Mechanics", Clarendon Pr, 1989.
9. Steven Weinberg - "Dreams of a Final Theory", Vitage Books, 1994.
10. Danah Zohar - "Quantum Self: Human Nature and Consciousness Defined by the New Physics", Quill, 1991.
11. Danah Zohar e Ian Marshall - "The Quantum Society: Mind, Physics, and a New Social Vision", Quill, 1994.

Mesas redondas

PESQUISA EM ENSINO E FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA

Jesuína Lopes de Almeida Pacca (jesuina@if.usp.br)
Instituto de Física-USP; Caixa Postal 66318; 05315-970-S. Paulo

Introdução

O ensino de Física, junto com o ensino em geral, continua em crise. Na verdade esta crise vem se acentuando desde a década de 60, quando se deu conta de que o ensino das ciências não ia bem e algo deveria ser feito para reverter a situação de modo a acompanhar o desenvolvimento das áreas tecnológicas, grandemente incrementado após a segunda guerra.

Alguns responsáveis pelo ensino científico e também pela pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico foram propulsores de movimentos visando à melhoria do ensino da física no primeiro e especialmente no segundo grau.

Interessante é notar que esses grupos não se dirigiram, pelo menos aparentemente, efetivamente aos professores então engajados no ensino oficial; preferiram focalizar o produto final de uma performance voltada para a tecnologia que despontava, além de dirigir a escolha dos conteúdos para a possibilidade de um desenvolvimento ainda maior da ciência e a expectativa de grandes novidades, algumas já vislumbradas.

Essa ênfase parece ter ainda prolongamentos fortes nos nossos dias, apesar de se ter avançado muito numa tendência que focaliza a competência do professor no processo de ensino e aprendizagem como ponto de partida para pensar e reestruturar o ensino de física. Vale a pena retomar as ações concretas que foram efetivadas nas últimas quatro décadas visando à melhoria do ensino de física no segundo grau, muitas das quais dirigidas também ao ensino de ciências de modo geral.

Ações concretas no ensino de física

Partindo de 1960, localiza-se a fase dos grandes projetos de ensino, no exterior e, em particular, no Brasil. O material produzido tinha a primordial intenção de dirigir-se diretamente ao aluno, embora quase sempre incluísse guias para o professor. O objetivo era apresentar a física com todo o rigor que lhe era devido, como fez o PSSC, tratar de conteúdos da física moderna que não apareciam nos livros tradicionais, como fez o Projeto Piloto, incluir aspectos sociais e ideológicos na construção científica, como fez o Projeto Harvard, valorizar a experimentação na compreensão da física, como fez o PEF, entre outros.

Uma preocupação importante de alguns deles estava em manter o aluno ativo, num processo de “redescoberta”, o que em vários projetos era garantido por guias de trabalho, sob forma de instruções detalhadas e

questões para responder, cujo exemplo mais representativo eram os textos auto-instrutivos.

A preocupação com o professor estava principalmente em treiná-lo para trabalhar com o material sem desvirtuar os propósitos do projeto. Todos os projetos citados incluíam um “Guia para o Professor”, com as respostas às questões do livro principal e detalhes sobre a sua utilização em sala de aula. Além disso, o professor era considerado dentro do projeto, quase que exclusivamente, na aplicação do material durante o processo de sua elaboração, fornecendo algum feedback para os autores. Parece que havia uma intenção, nem sempre declarada, de se ter um “projeto à prova de professor”.

Não foi à toa que, em certo momento, a “auto-instrução” e o “ensino personalizado” pareceram as grandes soluções para a crise no ensino; no primeiro método não era necessário o professor, no segundo ele era um simples monitor de aprendizagem. As seqüências rígidas pré-estabelecidas e o controle cerrado de perguntas e respostas esperadas, numa reprodução fiel do esquema S-R da psicologia kelleriana, pretendia levar à aprendizagem significativa e duradoura, com uma participação muito pouco efetiva do professor.

A grande novidade dos anos setenta, enquanto se experimentavam esses esquemas, junto com estratégias de estudo em grupo e uma grande desvalorização das aulas expositivas, foi a constatação explícita e a valorização posterior de modos de pensar alternativos aos que a ciência ditava. O “erro” passou a ser visto com especial atenção, tanto pela regularidade com que aparecia como pela freqüência de ocorrências; assim, ele passou a ser chamado de concepção -espontânea, intuitiva, natural, alternativa- numa clara alusão ao fato de que os estudantes pensam e explicam de modo diferente do científico.

Ao mesmo tempo, uma retomada da epistemologia pelos pesquisadores em ensino pôs em destaque a teoria de Piaget e modelos de aprendizagem com bases mais ou menos explícitas, onde, por exemplo, se coloca o modelo de Ausubel. A expectativa era de poder saber como os indivíduos pensam e constróem, em particular, os conteúdos científicos, e a partir daí planejar o ensino significativo.

Com esta intenção, o pesquisador se aproximou da sala de aula, buscando informações que subsidiassem suas hipóteses. Era interessante coletar as informações dos alunos, com alguma colaboração do professor, reconhecer as concepções alternativas - antes chamadas de erros - e vê-las agora como manifestações normais de um saber difundido no senso comum. O professor também se surpreendia com as coincidências dos resultados apontados e dos erros mais comuns entre os seus alunos e ele mesmo se identificava com aquele modo de pensar. Mas, ...

Qual a conseqüência para a didática do professor? O que ele poderia fazer após tal constatação? Se ele mesmo tinha concepções semelhantes às que deveriam ser modificadas na compreensão dos seus

alunos, como poderia ser capaz de orientá-los para uma mudança conceitual?

Para os pesquisadores e responsáveis pela formação de professores apresentava-se a necessidade de transferir as informações para o professor de modo que elas pudessem produzir, efetivamente, modificações na sua prática pedagógica. O modo de resolver a questão, no que se refere à formação continuada, foi preferencialmente a disseminação das informações através de cursos de aperfeiçoamento, com variadas formas e diferentes durações.

Para surpresa dos pesquisadores, os resultados das pesquisas sobre as dificuldades com o ensino/aprendizagem não chegaram à sala de aula. Uma análise rápida e simplista levou a concluir que a inclusão desses resultados na prática didática só ocorreria se o professor fosse o pesquisador, ou, de forma mais tênue, “pesquisador da sua sala de aula”

O que é ser “pesquisador da sua sala de aula”? Quem é esse professor, se a própria pesquisa mostrou que ele também tem dificuldades e, em muitos casos, pensa a física igual ao aluno?

Enquanto se produziam resultados sobre as concepções alternativas em diferentes conteúdos e dentro de contextos variados, foram também aprofundados estudos de natureza psicológica e epistemológica que puseram em destaque as chamadas teorias construtivistas, entre as quais se localiza a teoria de Piaget. Foi nesse contexto geral que se apresentou também a pesquisa de “mapas conceituais”, e a teoria de Ausubel.

Entretanto, o construtivismo parece ter apresentado um amplo espectro de significados e de interpretações por parte dos pesquisadores que fizeram uso dele. Mesmo assim “Partir do aluno”, “produzir conflito com suas idéias”, “apresentar situações concretas”, “ensinar a física do cotidiano” passaram a ser palavras de ordem no ensino de ciências, servindo para conduzir a produção de material pedagógico e de cursos e projetos de aperfeiçoamento de professores.

Parece que a expectativa de grandes modificações no ensino também não se concretizou e uma forte reação ao que se chamou de construtivismo procurou dar explicação para o fracasso.

Enquanto isso, nos últimos dez anos tem havido um grande esforço, em todo o mundo e em especial no Brasil, no trabalho de atualizar ou aperfeiçoar professores de ciências e o contato entre pesquisadores e professores tem sido mais estreito. Um grande número de congressos no exterior e no Brasil tem se dedicado ao problema e alguns resultados importantes emergem desse contato, mostrando, talvez, que a via direta de interação com o professor pode mudar alguma coisa na sua competência e fazer com que o conhecimento adquirido através das pesquisas seja transferido para a sua prática diária.

A pesquisa em ensino de física

Esse trabalho todo voltado para a melhoria do ensino, os encontros e desencontros entre propósitos e resultados efetivos seguiu paralelamente ao desenvolvimento da pesquisa e representou a própria construção e identificação do que hoje se entende por pesquisa em ensino de física. À época dos grandes projetos de ensino, os autores principais e então pesquisadores eram os cientistas das áreas específicas. Aqui no Brasil, na Universidade de São Paulo, começou no início de 70, uma área acadêmica destinada à pesquisa e pós-graduação em ensino de física e logo se deu conta da dificuldade em se caracterizar essa área que nem era física e nem pedagogia ou psicologia; de início se propunha a trabalhar com as dificuldades que eram diagnosticadas no dia a dia escolar; visto de hoje, sem o conhecimento das suas origens mais profundas, localizadas na epistemologia e na própria essência do conhecimento científico. Procurava-se ansiosamente definir “linhas de pesquisa” a exemplo do que existia na Física, mas sem muito sucesso.

Também no meio acadêmico se enfrentava uma crise de identidade; ao mesmo tempo que era difícil considerar pesquisa a produção de um projeto de ensino, também se sentia pesquisador quem era interessado nas aulas e escrevia livros ou apostilas para seus cursos. De outro lado, a pesquisa em ensino era vista, pelos pesquisadores das áreas científicas mais ortodoxas, como temas da pedagogia e da psicologia.

De qualquer modo, a partir de 80, o insucesso dos grandes projetos na melhoria do ensino e posteriores reflexões sobre suas causas, o envolvimento na procura e interpretação das concepções alternativas, entre outros fatores menos importantes, encaminharam a abertura de uma linha de pesquisa, hoje bastante definida e delimitada, que integrou conhecimentos e conteúdos de natureza pedagógica, física, epistemológica, filosófica, entre outras.

De que forma então, esta pesquisa passou a se relacionar com o professor e seu trabalho na sala de aula? Este foi e continua sendo, a meu ver, o problema dos pesquisadores: a transferência dos resultados para a prática de ensino.

A conquista da definição de uma área de pesquisa demorou pelo menos vinte anos, considerando somente a época a que nos referimos. O que custou ao pesquisador essa performance? Que modificações ele sofreu? O que realmente ele aprendeu de novo? Que condições foram necessárias para tanto? Será que o professor terá que passar por isso e ser pesquisador?

Agora, com as coisas mais claras, o problema da transferência desejada para a sala de aula pode e deve ser revisto, a partir de uma análise criteriosa, envolvendo fatores mais amplos da origem desta dificuldade. Algumas formas de explicação apelam para a falta de competência do professor na pesquisa dos problemas que ele encontra no seu cotidiano. Outras passam a criticar o “construtivismo” como uma

teoria superada e que não dá conta da aprendizagem. O que me parece é que não se refletiu suficiente e adequadamente sobre as questões acima expostas.

Quem é esse professor pesquisador? O que sobra para os pesquisadores se o professor for capaz obter os resultados de que ele deve se valer para produzir nos seus alunos mudanças conceituais significativas e duradouras? O que é o construtivismo que teria sido experimentado e se mostra agora inadequado?

No meu modo de ver, o pesquisador em ensino é aquele que procura conhecimento novo sobre os processos de aquisição/construção do conhecimento e sobre estratégias que podem favorecer a aprendizagem do conhecimento científico já estabelecido. Assim sendo um professor atento e sensível às manifestações dos seus alunos não precisa necessariamente ser um pesquisador, na medida em que muito desse conhecimento já deve estar disponível e esperando para ser incorporado à sua prática.

Quanto ao construtivismo qualificado de anacrônico, me parece que nunca chegou a ser, de fato, adequadamente aplicado nas ações concretas, tanto dos professores como dos pesquisadores-formadores de professores.

Construtivismo no ensino e no aperfeiçoamento de professores

A característica essencial mais marcante do construtivismo é a focalização do conhecimento prévio como ponto de partida para a aprendizagem significativa e duradoura; neste sentido o erro que o aluno comete, não é uma transgressão de normas, mas uma expressão do seu conhecimento atual. Entretanto, esse conhecimento é muito maior, mais abrangente e significativo do que a simples inadequação que ele demonstra com o particular e local erro manifestado.

De fato, o erro que se explicita numa manifestação descontextualizada é apenas a evidência de um modelo de explicação física estruturado, articulado e dotado de razoável consistência interna; o erro, com tal simplicidade de interpretação, é pequeno frente a um conflito, que está presente, entre dois modelos em questão: o modelo científico e o modelo alternativo do senso comum; por isso mesmo ele é fraco na estrutura global que sustenta o modelo alternativo e a tentativa de eliminá-lo, isoladamente da raiz que lhe dá sentido, é infrutífera. Assim, respeitar o erro e partir do conhecimento do aluno, não pode ser confundido com tolerância, nem minimizado no seu tratamento através de conflitos que não ponham em questão todo um modo de pensar.

Esta condição se repete quando se trata de formar professores ou de aperfeiçoá-los em formação permanente. No caso do aluno, o que se quer é que ele aprenda física, isto é, que ele reelabore seu modo de explicar os fenômenos físicos, passando de um modelo espontâneo/alternativo para o modelo científico. No caso do professor, que ele reelabore sua concepção de ensino de física, passando de uma

concepção alternativa - caracterizada pelo ensino transmissivo, autoritário, desvinculado das questões vivenciadas, etc. - para uma concepção construtivista de ensino/aprendizagem; neste caso está em jogo o conteúdo da prática de ensino como um todo. Esquemmatizando este processo de mudança conceitual, os ingredientes, nos dois casos, teriam em comum o construtivismo, como posso compreender, na conceituação piagetiana, orientando os procedimentos em sala de aula e a interação com o aprendiz.

FISICA ALTERNATIVA

FISICA DOS CIENTISTAS

construtivismo

PRÁTICA ALTERNATIVA

PRÁTICA CONSTRUTIVISTA

A possibilidade de uma mudança conceitual, pensando na formação permanente, depende, a nosso ver, de procedimentos coerentes com a visão de aprendizagem e construção de conhecimento como entendido pelo construtivismo piagetiano. Isto não significa que o professor tenha que ser um “pesquisador da sua sala de aula” nem que o construtivismo não dê conta do processo de aprendizagem e não possa ser guia para as ações concretas de ensino.

As concepções alternativas na sala de aula

Uma linha de pesquisa da formação permanente e do aperfeiçoamento de professores, que parece promissora na continuidade da exploração do conhecimento já adquirido sobre as formas alternativas de pensar, presentes no senso comum, é a que considera como objeto da mudança conceitual do professor acerca da sua prática, o seu planejamento pedagógico. Este caminho, a nosso ver, pode ser capaz de levar para a sala de aula os resultados encontrados pelos pesquisadores. Algumas recomendações, sugeridas por pesquisas que vimos realizando, já se mostram com clareza suficiente para serem aqui apresentadas:

1-O professor será capaz de utilizar os resultados das pesquisas sobre as concepções alternativas, somente se conhecer muito bem as concepções científicas, além daquelas alternativas que as pesquisas revelam, e, além disto, ter absoluta clareza na localização do conflito entre as duas formas de pensar.

Num trabalho recente - dissertação de mestrado de Kátia F. Henrique - foi estudado o conceito de energia e localizado, na sua construção histórica, pontos essenciais de conflito e de concordância com concepções mais frequentes do senso comum. Esses “nós” epistemológicos foram detetados com professores num curso de aperfeiçoamento, onde se teve a oportunidade de elaborar questões, procurando atingir o núcleo do referencial teórico responsável pelos erros e pelas dificuldades na

compreensão; a condução adequada com o planejamento de atividades que constituíam realmente conflitos cognitivos se mostrou eficiente.

2-O professor necessita ter um acervo de recursos didáticos específicos e já testados (problemas, atividades experimentais, demonstrações, textos da história da física e outros) para enfrentar as concepções alternativas que estão na base dos erros dos seus alunos.

Num trabalho com a colaboração de Ivanilda Higa e Luiz Fernando Sbruzzi, encontramos material desse tipo nas descrições de artigos de pesquisa; nosso trabalho é o de organizar, com critério pedagógico, as questões que favorecem a emergência das concepções alternativas, além de estruturar alguns modelos alternativos mais amplos sobre calor.

3-O planejamento global de qualquer curso deve ter um fio condutor para o objetivo, porém localmente, o planejamento deve seguir o pensamento/raciocínio manifesto dos alunos, sempre focalizando os modelos explicativos que sustentam os erros e os modelos científicos que são objeto do ensino.

A pesquisa que realizamos com José Paulo Gircoreano - tema de dissertação de mestrado- trata da elaboração de um plano de curso com o objetivo de ensinar óptica levando em conta as concepções alternativas de luz e visão; dentro de uma visão construtivista de ensino, atividades complementares são introduzidas em função das manifestações dos alunos, interpretadas dentro dos modos alternativos já conhecidos, e dirigidas para o objetivo final definido.

Concluindo, a pesquisa em ensino já mostrou claramente que a construção do conhecimento científico obedece a processos de natureza metodológica e epistemológica razoavelmente bem conhecidos; este dado não pode ser negligenciado em qualquer que seja o nível considerado. O construtivismo deve ser melhor estudado antes de ser descartado; acreditamos firmemente que esta é a única maneira de se chegar a aprendizagem significativa e duradoura. A formação de professores de física não pode prescindir de estratégias que garantam uma interação contínua, capaz de conduzir a aprendizagem de modo que o aprendiz seja o protagonista das suas aquisições conceituais.

Bibliografia

- Physics - Physical Science Study Committee. D.C. Heath and Company, Boston. 1960.
- Física da Luz - Projeto Piloto da UNESCO, São Paulo. 1964.
- Projeto de Ensino de Física. IFUSP/MEC/FENAME, São Paulo, 1975.
- Viennot, L. Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. Hermann, Paris, 1979.
- Piaget, J. ;Garcia, R. Les explications causales. PUF, Paris. 1971.
- Piaget, J. ; Gréco, P. Aprendizagem e conhecimento. Freitas Bastos, São Paulo. 1974.

- Moreira, M. A.; Masini, E.A.F.S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. Moraes, São Paulo. 1982.
- Solomon, J. The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1994.
- Gil-Pérez, D. New trends in science education. *Int. J. Sci. Educ.*,18(8), 1996, 889-901.

ALTERNATIVAS PARA O MODELO DE APRENDIZAGEM PRESENCIAL NA FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE FÍSICA

Susana de Souza Barros (*susana@if.ufrj.br*)
Instituto de Física, UFRJ

A licenciatura em física é um dos cursos que forma menor número de professores e cuja ineficiência operacional fica em evidência quando se observa que é um dos cursos universitários com maior evasão sendo que dados recentemente publicados apontam para uma evasão da ordem de 80%. A falta de professores habilitados em física na escola secundária tem levado a escola pública (no Estado do RJ) a reduzir sua carga horária. Como solução (?) o MEC propõe que profissionais de áreas afins (engenheiros por exemplo) possam obter seu diploma de professor completando apenas as disciplinas profissionalizantes da educação.

Perante esse quadro nada otimista para o ensino da física a reação das autoridades foi incentivar, na década dos 90's as licenciaturas noturnas no Brasil que hoje se configuram como uma das formas mais solicitadas pelos estudantes para a formação do professor de física.

Para manter um bom padrão de qualidade a licenciatura noturna deve adaptar-se metodologicamente ao perfil do seu corpo discente, caracterizado por alunos que trabalham, cuja idade se encontra numa faixa etária maior que a do aluno do diurno (acima dos 22 anos) e geralmente com uma formação da escola secundária bastante incompleta. Esta adaptação deve atender também uma outra parcela dos estudantes da licenciatura constituído por alunos das pós-graduações de física, que solicitam reingresso para obter um diploma que os habilite a ensinar. Devemos ainda lembrar que o quadro de calouros está formado por alunos classificados na primeira opção, que preenchem aproximadamente 30% das vagas existentes (dados 1995, 96 e 97 do I. Física, UFRJ) sendo que as vagas restantes são preenchidas por alunos reclassificados de áreas afins, cuja motivação pela licenciatura é praticamente nula. Esse é um dos fatores responsáveis pelo alto índice de abandono. Um outro fator seria a dificuldade de acompanhamento diário das aulas noturnas.

A entrada de alunos tão heterogêneos traz como conseqüência uma falta de interesse por parte de muitos e dificulta a possibilidade de atendimento para aqueles alunos que realmente escolheram o curso de licenciatura em física com primeira opção. O desempenho do aluno, que trabalha e que deve deslocar-se diariamente para cumprir uma jornada integral de aulas à noite, fica muito prejudicado devido às suas ausências e atrasos às aulas, que dadas as circunstâncias de locação, de transporte para a universidade são geralmente justificadas até pelos professores mais exigentes. Nesse sentido houve-se falar da 'cultura da licenciatura noturna', uma de cujas características é aceitar atrasos no início das

aulas, acarretando um desfalque na carga horária efetiva das disciplinas. Desta forma o *modelo presencial* em vigor, que é indispensável para as disciplinas práticas (laboratório/discussão/seminários contato) se transforma muitas vezes num 'faz de conta', exigindo uma reflexão cuidadosa do que isto implica tanto em termos do número oficial de créditos obrigatórios e o correspondente número de horas de 'contato' quanto em termos da qualidade da instrução oferecida.

Como então pensar num ensino que preserve a qualidade e a necessária interação do aluno com o professor e colegas e que ao mesmo tempo o libere para realizar seus estudos de forma mais racional, permitindo-lhe frequentar uma biblioteca, desenvolver projetos em grupo, tirar dúvidas com o professor e ao mesmo tempo aproveitar eficientemente o horário de estudos noturno, que já é restrito por sua própria natureza.

Hoje em dia os recursos da informática, já utilizados em ensino à distância, estão ao alcance dos estudantes, seja através dos laboratórios públicos das universidades, seja o nas próprias residências dos alunos, que hoje em dia já não mais consideram a aquisição de um computador pessoal como um objeto de luxo. Mesmo assim, a mídia eletrônica é pouco utilizada para a *instrução*, sua função mais procurada a *distribuição de informação* (fala-se de *tecnologias informacionais* e não de *tecnologias educacionais*).

As características dessa tecnologia de ensino podem ser adequadas para:

i. substituir *parcialmente* a demanda presencial sobre o aluno, liberando-o para estudar de forma independente ou como, quando e onde melhor entender, com uma menor cobrança de frequência obrigatória e uma maior cobrança sobre as tarefas desenvolvidas. Em se tratando de adultos que participam do mercado de trabalho e sendo muitos deles chefes de família, esta característica parece ser importante. Atende também o grupo de estudantes que cursam a pós-graduação.

ii. criar mecanismos de interação entre os diversos participantes de uma dada disciplina.

A possibilidade de poder utilizar ferramentas simples que se encontram à disposição na universidade, como por exemplo caixas de e-mail da disciplina, ou um diretório com senha dentro de uma Rede do laboratório de informática dos estudantes, onde cada membro possui uma identidade e pode se comunicar com todos os outros, importar e/ou adicionar, ler arquivos, entrar na WWW em busca de informações adicionais, etc . Dessa forma é possível estabelecer um contato permanente entre os alunos e o professor, criando mecanismos de acesso de várias vias assim como permitindo que o professor possa atender às necessidades individuais dos alunos, sugerir bibliografias, acompanhar o desenvolvimento de projetos, corrigir e devolver as tarefas solicitadas em tempo hábil , tirar dúvidas, etc.

Fica claro que esse tipo de mecanismo de interação sendo totalmente novo não pode ser imposto como uma forma de trabalho definida unilateralmente. Este modelo precisa ser discutido e aceito tanto pelos alunos como pelos professores. A possível desconfiança dos alunos deve ser trabalhada através de uma discussão conjunta na qual se esclareçam todas as dúvidas e sejam definidas as 'regras do jogo'. Ela desaparece geralmente quando os alunos se familiarizam com o sistema operacional que utilizaram ao longo do curso, ajudam a montar um cronograma com o qual se comprometem e começam a criar o hábito de pontualidade no cumprimento das suas tarefas, solicitando informações, ajuda e recebendo o 'feed back' do professor e ou dos colegas, etc. Em soma, eles (os alunos) tomam conhecimento do que se espera deles, reconhecendo que o processo de ensino - aprendizagem é um sistema de co-responsabilidades entre o professor e os alunos, onde cada peça age e reage em relação às outras, potencializando o intelecto e a aprendizagem duradoura, contribuindo assim para a independência intelectual dos estudantes, que se habilitam a busca dos recursos necessários para seu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Para um grupo que se encontra numa mesma locação geográfica a componente parcial 'à distância' pode trazer benefícios inesperados, tanto do ponto de vista acadêmico como do ponto de vista da ética de comportamento. Um aluno que não obedece o cronograma do curso e cujo trabalho individual não aparece, que não solicita ajuda do professor e que não responde às tarefas solicitadas dentro dos prazos prefixados *coloca-se* numa situação de claro abandono da disciplina que está cursando.

Este tipo de modelo híbrido (50% através da mídia e 50% presencial) mostra-se eficiente para pequenos grupos, tendo sido testado com vantagens em disciplinas com um número de alunos da ordem de 15/ professor. A parte presencial deve ser *justificada* com atividades que requerem um trabalho 'on-line', que fica oneroso e requer recursos técnicos e sistemas muito potentes para funcionar virtualmente. A apresentação de novos tópicos, audiovisuais, seminários, atividades de laboratório e demonstrações exigem o uso da sala de aula.

O modelo acima descrito foi aplicado em caráter de experiência piloto num Curso de *Didática da física* geminado às *Práticas de ensino*, que integram um programa curricular interdisciplinar (PCI), realizadas numa escola noturna uma noite por semana. As próprias características do curso de licenciatura noturna impossibilitaram o trabalho coordenado/sincronizado das duas disciplinas ao longo do semestre letivo e assim foi gerada a idéia de fazer uma primeira tentativa de utilização de um modelo híbrido *presencial à distância* semelhante ao acima descrito.

As informações dadas aos alunos foram as seguintes:

"Neste período utilizaremos dois modos de comunicação:

1. Presencial: será realizada no Instituto de Física a partir da semana de 12/12/96 quando nos encontraremos regularmente para

discussão da prática escolar, levantamento das observações e das experiências na escola de cada um de vocês, através de relatos de grupo. Pretendemos também que esta etapa fique registrada para fornecer subsídios para a coordenação da Licenciatura noturna sobre formas mais eficientes de desenvolver o estágio noturno;

2. À distância: durante os meses de novembro e dezembro estaremos realizando uma experiência pioneira utilizando recursos da Rede. Cada par de alunos preparará um seminário sobre tópico previamente definido, para o qual terá três semanas e este ficará à disposição dos colegas e professores através de uma conta da Licenciatura. Todos os resumos dos seminários, de até 5 páginas, contendo bibliografia estarão à disposição de todos os alunos de forma que se espera possam ser abertos e lidos, antes da data da apresentação, Também desta forma podemos comunicarmos com os autores de cada assunto fazendo perguntas, adicionando , comentários, etc. Estaremos à disposição de vocês para qualquer solicitação, bibliografia, etc.

Para ter acesso a Rede será utilizado o laboratório público de graduação do Instituto de Física (LIG). Utilizaremos uma conta única com Nome do curso e uma senha comum para acesso à Rede. Desta forma teremos num único Folder arquivos de todos os participantes do curso, que poderão ser abertos por todos os participantes da disciplina para leitura, e comentários.

Visamos desta forma utilizar recursos que estão ao nosso alcance para verificar os seguintes aspectos:

1. Viabilidade de desenvolver partes do curso à distância, com o objetivo de dar eficiência à disciplina e racionalizar /otimizar o tempo de estudos dos alunos;

2. abrir canais de comunicação eficiente entre professores e alunos;

3. aprofundar a discussão sobre assuntos relacionados com a didática das ciências, muitos destes novos para os alunos da disciplina.

4. compartilhar os conhecimentos .

A avaliação será feita levando-se em consideração:

1. O trabalho escrito

2. Nível de interatividade (número de perguntas e solicitações) e desenvolvimento gradual do trabalho ao longo das três semanas alocadas (entrarei nos arquivos de trabalho individuais para conhecer o andamento dos trabalhos). Isto tem que ser melhor definido já que não sabemos bem o que é e como se mede.

3. Apresentação pública do seminário”.

Algumas reflexões sobre os resultados desta primeira tentativa:

1. Não houve rejeição por parte dos estudantes, que gostaram de poder trabalhar com novos objetivos e utilizando o computador. Pelo fato de estarmos ligados a WWW os estudantes se entusiasmaram e alguns deles navegaram pela Rede, procurando informações relevantes e visitando homepages relacionadas com ensino de ciências, informações que em algumas oportunidades aproveitaram nos seus trabalhos.

2. Um laboratório público tem também desvantagens, já que a rede não tem manutenção constante, tendo aparecido problemas técnicos que os estudantes não podiam resolver de imediato, causando certa frustração.

3. 90% dos alunos completaram o trabalho com sucesso, mas o nível de interatividade desejada não foi atingido devido a várias circunstâncias, para mencionar algumas que interferiram com o trabalho: falhas da Rede e a época de final do ano .

4. A maioria dos alunos achou a tentativa válida e aprovou as razões que nos levaram a propor esta mudança. Numa próxima oportunidade os alunos desta disciplina poderão contribuir com sugestões de operacionalização e provavelmente participar como monitores da turma.

Como conclusão sugere-se que os interessados comecem a estruturar seus cursos sem grandes despesas iniciais, criando uma *nova cultura pedagógica* que os leve a repensar o modelo presencial exclusivo (e sabemos ineficiente) hoje em vigor e a introduzir criticamente e sem modismos novas formas de trabalho na universidade e na escola. So assim os alunos e professores voltaram a interagir de forma sistemática uns com outros. A comunicação electrónica tem essa vantagem psicológica: estabelece o diálogo mesmo com estudantes que geralmente ficam calados em sala de aula.

Referências

- 1 - M. PITT, The use of electronic mail in undergraduate teaching, *British journal of Educational Technology*, V.27, No 1, 1996.
- 2 - A. BORK AND D. HEESTAND, Distance learning in the future, *JBC*, V.23, No2, 1996.
- 3 - P. PEIROL, The quest to overcome outdated classroom training, *Globe and Mail, Technology Edition*, august 1996.
- 4 - L. Harsiman, **Online education: an environment for collaboration and intellectual amplification**, Praeger Publishers, 1990.

MUSEUS INTERATIVOS

Prof. Roque Moraes

Propômo-nos nesta mesa redonda a falar de museus interativos. Consideramos o tema altamente relevante e que tem tido um envolvimento cada vez maior de pessoas altamente capacitadas e com interesse genuíno em educação científica.

Iniciaremos propondo uma primeira tese em que queremos argumentar que os museus interativos se constituem em instância interessante e eficiente para adquirir o domínio de uma linguagem científica.

A partir disto procuraremos explorar a questão da interatividade nos museus e a construção de conhecimentos como uma das formas atuais de conceber-se a aprendizagem.

Disto nos moveremos no sentido de argumentar sobre as possibilidades dos museus interativos em termos de transmissão de uma concepção de ciência atual e válida.

Finalmente tentaremos mostrar as possibilidades dos museus interativos no sentido de propiciar uma multiplicidade de experiências de aprendizagem aos seus visitantes, constituindo-se neste sentido como um complemento ao sistema formal de ensino.

Subjacente a tudo isto transparece nossa convicção de que é importante investirmos em museus interativos. Nossa sociedade é dinâmica e evolui constantemente. Entendemos que os museus interativos são uma resposta atual para o domínio de uma linguagem científica, tão essencial neste início deste novo milênio.

Iniciamos com uma primeira tese:

Museus interativos são instituições que se propõem a participar na construção e domínio de uma linguagem científica pelos cidadãos, na assimilação do discurso científico, uma das características de nossa civilização.

As teorias modernas de educação aplicadas à aprendizagem das ciências enfatizam a aprendizagem de uma linguagem científica, num certo sentido uma nova língua que os alunos necessitam dominar. O mundo atual, quer aceitemos ou não este fato, está dominado pela ciência e sua linguagem. Somente quem dominar e compreender o discurso científico terá condições de sobrevivência e participação efetiva. Neste final de milênio, e certamente também no início do próximo, só será cidadão no sentido pleno do termo, aquele que dominar o discurso da ciência.

Os cidadãos assimilam o discurso científico de muitas formas. A linguagem científica, mesmo que impregnada do senso comum, está presente em nossa cultura. Aprender uma língua é apreender o discurso da ciência. Um certo discurso científico, mesmo que distorcido e

desatualizado, é transmitido à criança desde seu nascimento. Conforme já tem sido salientado há muito tempo isto conduz à aquisição de concepções alternativas, aprendizagens “falhas” que podem inclusive interferir nas aprendizagens posteriores de conceitos científicos, distorcendo e dificultando sua aquisição.

A escola constitui-se em instância de assimilação da linguagem científica. Sendo a ciência um dos componentes de nossa herança cultural, a escola está programada para trabalhá-la. Em todos os níveis da escolarização enfatiza-se a assimilação do discurso científico. Mas a escola tem se mostrado incapaz de desempenhar sozinha o papel de construção dos conhecimentos científicos pelos alunos, assim como de vencer os obstáculos à superação de concepções errôneas que os alunos adquiriram antes de ingressar na escola.

Por isso entende-se hoje que a educação científica necessita ser pensada num espectro de experiências mais amplo. Quanto mais diversificadas as experiências de aprendizagem das crianças, mesmo antes de ingressarem na escola, maiores as suas possibilidades de dominarem esta linguagem típica das ciências. É aí que, juntamente com os clubes de ciências, as feiras de ciências, além de outras alternativas, entram os museus, especialmente os museus interativos. Constituem um tipo de empreendimento que particularmente na última década, tem se expandido vigorosamente em todo o mundo, especialmente nos países desenvolvidos.

Desta forma concebemos os museus interativos como uma das formas de possibilitar aos cidadãos o domínio do discurso científico. A aprendizagem em geral, e especificamente a aprendizagem de conceitos científicos, não se dá em uma única exposição do sujeito a esses conceitos. É uma construção contínua e permanente em que os conceitos são constantemente aperfeiçoados e reconstruídos. Quanto maior o número destas experiências, e quanto maior sua qualidade, melhores as chances de os sujeitos dominarem a linguagem científica.

Entendemos que neste sentido os museus interativos constituem uma oportunidade de impregnação no discurso da ciência muito válida, pois utiliza princípios e métodos derivados das concepções e teorias mais atuais sobre aprendizagem. O interativo que esses museus propõem relaciona-se ao entendimento da aprendizagem como essencialmente ativo, que requer a participação ativa do sujeito. É isto que os museus interativos se propõem a concretizar e facilitar.

Os museus interativos são instituições típicas deste final de milênio. Assumem a validade das construções científicas como forma de aperfeiçoamento da vida humana e propõem-se a auxiliar na continuidade desta cultura científica. São instâncias novas de aprendizagem, possibilitando a construção de conceitos científicos em um novo ambiente, propondo a superação de algumas das limitações que tem sido apontadas à escola. Associam entretenimento e aprendizagem, procurando transformar o aprender em algo agradável e prazeroso. Sua

expansão rápida nos últimos anos em todo o mundo demonstra a validade de sua proposta.

A segunda tese que tentaremos explorar nesta nossa exposição é que,

Ser interativo é muito mais do que possibilitar a participação e a atividade do visitante. Ser interativo é possibilitar a construção do conhecimento, envolvendo o sujeito tanto sensorial como intelectualmente.

Conforme já destacamos os museus interativos surgem como uma resposta às dificuldades de aprendizagem de conhecimentos científicos nas escolas. Sendo a aprendizagem de conceitos e teorias científicas imprescindível no mundo atual, e tendo a escola se mostrado insuficiente para que o domínio do discurso científico se efetive de modo adequado, surgem os museus interativos.

Os museus interativos surgem fundamentados numa compreensão atual do processo do aprender.

Ainda que tenha tido muitos precursores, é com Piaget que se intensifica a convicção da importância da participação ativa do sujeito em sua aprendizagem. É ele um dos criadores da epistemologia interacionista ou construtivista. Mesmo que ainda se manifeste nas concepções da maioria dos nossos professores de ciências, aos poucos se supera a crença empirista de que o sujeito é uma tábula rasa, uma esponja que absorve o conhecimento vindo do exterior. Também se supera a epistemologia inatista, concebendo que o conhecimento já nasce com o sujeito. Os conhecimentos não são algo que basta despertar no sujeito. O conhecimento necessita ser construído com a participação ativa do aprendente.

São estas idéias que servem de base para a organização dos museus interativos, apesar da diversidade de significados que esta denominação possa ter. Entretanto, tal como qualquer empreendimento teórico, as teorias sobre a aprendizagem não estão acabadas. Estão também elas em construção permanente. São entendidas e interpretadas de diferentes formas por diferentes pessoas. Isto origina uma diversidade de modos de organização de museus interativos. Entretanto, entendemos que todos eles carregam uma epistemologia interacionista, a crença de que o conhecimento é construído pelos aprendizes, com uma participação ativa dos mesmos. Nisto é que estão fundamentados em concepções atuais sobre o aprender.

Como corolários disto é possível salientar algumas características importantes dos museus interativos. Constituindo-se em instituições não vinculadas ao sistema formal de educação e ensino, os museus interativos apresentam uma flexibilidade e versatilidade que lhes possibilita uma diversidade de iniciativas que geralmente não são possibilitadas à escola. Assim, por exemplo, podem explorar conteúdos de forma interdisciplinar, não necessitando prender-se à estruturas curriculares a que a escola geralmente está excessivamente vinculada. Isto possibilita a organização

nestes ambientes de experimentos e atividades mais relacionadas à vida e ao dia a dia das pessoas, o que geralmente não se consegue na escola. Não se exige vencer nenhum programa. Não necessitam abranger, necessariamente toda a ciência. Não será o número de experimentos o mais importante, mas sua qualidade.

Esta flexibilidade também está relacionada diretamente com a capacidade dos museus interativos ou centros de ciências, como são denominados em alguns lugares, de se atualizarem e modificarem os conteúdos de suas exposições. Não estando diretamente vinculadas a currículos e programas a serem trabalhados, os museus são instituições extremamente flexíveis, prestando-se não apenas a uma atualização permanente de suas exposições e experimentos, como também sendo úteis para a organização de exposições de interesse público, como em saúde, programas sociais e outras áreas de interesse da população.

Os museus são instituições sociais e como tal necessitam mostrar-se úteis. Entretanto deles não se espera o mesmo tipo de produto que se exige das instituições formais de ensino. Isto possibilita aos museus uma nova perspectiva de avaliação. Os visitantes já não são submetidos aos processos de avaliação tradicionais. Certamente a avaliação está presente, mas por trás dela está o desejo de conseguir atingir os visitantes cada vez com mais eficiência, possibilitar-lhes aprendizagens efetivas, de forma agradável e sem que necessitem submeter-se aos rituais de avaliação a que a escola submete seus alunos. Isto, certamente, faz uma grande diferença. Os museus podem constituir-se em atrativo para pessoas de todas as idades. Satisfazem uma necessidade humana natural, o desejo de conhecer e compreender o mundo. Ainda que, eventualmente, possam voltar-se preferencialmente para uma população em idade escolar, direcionam-se no sentido de propiciar experiências de aprendizagem para toda a população.

Também as pesquisas em ensino têm demonstrado que não há um método de ensino único melhor. Uma diversidade de métodos tem se demonstrado mais eficiente. Neste sentido, os museus constituem-se em ambientes onde a riqueza de diferentes experiências e vivências é geralmente mais facilmente organizada do que na escola. Esta riqueza de formas de envolver os visitantes no discurso científico tem se beneficiado especialmente da informática e dos novos meios de comunicação, não deixando de lado, entretanto, a valorização de mediadores humanos. É facilitada nos museus a utilização de uma ampla variedade de recursos visuais, auditivos, táteis e outros. Os experimentos e exposições podem ser gradativamente aperfeiçoados, integrando-se neles os recursos que se demonstrarem mais eficientes, sempre com base em avaliações que se concretizam ao longo do processo de produção. Um experimento já não será criação apenas de um professor, como geralmente é o caso na escola, mas será o resultado da criatividade de uma equipe multidisciplinar. Neste sentido os museus têm conseguido trazer para o ambiente da

educação a contribuição dos mais diferentes profissionais, criando a perspectiva de todo um conjunto de novas alternativas de aprendizagem.

As características específicas do ambiente de um museu também se constituem em desafio para as equipes dos museus interativos. Aí não há classes de alunos. Os experimentos podem ser visitados por pessoas das mais diferentes idades e com os mais variados conhecimentos. Como organizar um experimento que possa servir para auxiliar na construção do conhecimento de uma tão grande variedade de sujeitos?

Tudo isto também tem propiciado a possibilidade de diversificar as concepções de ciências associadas à educação científica nas escolas.

Uma das críticas que tem sido feito ao ensino formal de ciências, em todas as suas diferentes áreas, é que este geralmente transmite aos alunos uma concepção ultrapassada de ciência. Em relação a isto propomos uma terceira tese:

Os museus interativos necessitam transmitir uma concepção atual de ciência. Necessitam transmitir uma concepção de ciência que enfatize tanto de seus feitos como de suas limitações.

O significado de um experimento depende da concepção de ciência de quem conduz ou produz o experimento. Além disto, todo experimento ou exposição, além dos conceitos específicos que pretende abordar, transmite implicitamente uma concepção de ciências, seja isto feito de forma consciente ou não.

Todos sabemos o quanto são contraditórios os conceitos de ciência. Não há um conceito único com o qual todos concordem. Não temos uma idéia uniforme sobre o que é ciência. Entretanto, os experimentos que propomos, as exposições que organizamos, mesmo que não tenhamos consciência disto, manifestam nossas concepções sobre ciência. Naturalmente num museu interativo, dever-se-ia comunicar aos visitantes, não uma concepção linear e uniforme de ciência, mas estes deveriam ser expostos a concepções diversificadas e especialmente a formas atuais de conceber a ciência. Um museu interativo atualizado necessita definir a forma como pretende apresentar a ciência.

Entendemos que uma das idéias atuais sobre ciência é que é um empreendimento sempre em processo. Nunca é acabada e as teorias que produz por isso mesmo são sempre transitórias. Conceber um museu interativo numa perspectiva atual sobre o aprender, concebendo o aprender como uma construção, também implica em transmitir uma concepção de ciência como um empreendimento contínuo de criação e construção. Toda a aprendizagem é inacabado, assim como toda a ciência é essencialmente inacabada.

Alguns museus interativos também se preocupam em mostrar que a ciência não é apenas produto. Não é apenas conhecimento. É também processo. Dominar o discurso científico não é apenas conhecer teorias e fatos científicos. É também saber como a ciência funciona, como atua. É dominar gradativamente seus processos. É saber produzir conhecimento

científico, além de dominar conhecimentos já produzidos por outros. Esta é uma visão importante que muitos museus interativos procuram trabalhar através de suas exposições e experimentos.

Uma das tendências muito arraigadas no ensino das ciências em nossas escolas é a concepção empirista/indutivista de ciência. É a crença de que as teorias e o conhecimento vem da observação e da procura de generalizações a partir das observações reiteradas de determinados eventos. As leis e teorias seriam induzidas dos fatos. Para quem se fundamenta nestes pressupostos o experimento tem a finalidade de possibilitar, pela sua observação cuidadosa, chegar à teoria ou às leis. Hoje parece claro que só consegue enxergar algo, só consegue observar algo, quem tem uma teoria previamente elaborada. Não se consegue ver nada sem uma teoria, mesmo que esta teoria não corresponda à visão da ciência atual. Como se refletiria isto na organização de um experimento interativo? Como se refletiria isto na organização de um museu interativo? Que significado assume um experimento nesta perspectiva?

Com isto chegamos a nossa última tese:

A assimilação da cultura e linguagem científicas exige múltiplas e diversificadas experiências de aprendizagem. Os museus interativos são uma instância em que isto pode ser concretizado.

Existem muitas concepções de escola. Existem muitas teorias de educação. Algumas valorizam mais o sujeito; outras se concentram nos conteúdos; outras finalmente enfatizam os meios. Algumas pretendem tratar mais o lado humano dos alunos; outras consideram que o essencial é focalizar no conteúdo cultural a ser transmitido; outras entendem que o essencial são os meios e os recursos tecnológicos.

Museus podem ser organizados com base nas mais diferentes concepções. Entretanto, conforme já procuramos destacar, eles surgem como alternativas à escola. Não necessariamente para substituí-la, mas eventualmente mais para complementá-la e completá-la especialmente naqueles aspectos em que o sistema formal de ensino apresenta mais limitações.

Assim entendemos que os museus interativos devam ser entendidos como se somando ao trabalho dos professores e das escolas. Alguns alunos conseguem aprender eficientemente na escola; outros não. Talvez especialmente para estes últimos os museus sejam uma boa alternativa, ainda que possam sê-lo igualmente para os primeiros.

Conforme também já pretendemos demonstrar, os museus são espaços culturais que podem ser programados mais facilmente do que os espaços escolares. Neles há mais facilidade para programar o envolvimento dos visitantes no discurso científico, utilizando-se para isto os mais diversificados recursos. Podem constituir-se em espaços de aprendizagem extremamente ricos e diversificados, tal como deveriam ser as escolas, mas que por diferentes razões não o são na medida do desejado.

Numa outra perspectiva pode-se apontar os museus interativos como uma estratégia de ampliar o tempo de envolvimento em aprendizagem dos alunos que os visitam. Ainda que a intensidade de um envolvimento seja essencial para a aprendizagem, também o tempo total investido na aprendizagem é um fator importante para o domínio do discurso científico. Quanto mais tempo nossos alunos estiverem envolvidos com a aprendizagem de ciências, mais eficientemente terão chances de dominar a linguagem científica. Neste sentido os museus, juntamente com os clubes de ciências e outras modalidades de envolvimento dos alunos com a ciência, constituem uma estratégia de ampliação do tempo de aprendizagem dos alunos, eventualmente um tempo mais eficientemente aproveitado do que o tempo da escola.

Mas os museus neste sentido não precisam trabalhar contra a escola. Não necessitam concorrer com ela. Pelo contrário, a maioria dos museus interativos e centros de ciências tem procurado atuar em integração com a escola e com os professores. Assim o objetivo dos museus interativos não é, geralmente, atingir apenas os alunos. Também englobam em seu trabalho os professores, não só no sentido de tê-los como visitantes, mas envolvendo-os em atividades de educação continuada e preparando-os para uma utilização dos museus como mais um recurso didático. A concepção de museu interativo, em geral, inclui os professores como importantes parceiros, necessários para concretizar a mediação que requer a construção do conhecimento pelos alunos.

Concebe-se hoje a aprendizagem como construção tanto no sentido individual como social. Entendemos que uma aprendizagem efetiva necessita considerar tanto as vivências sociais, coletivas, de grupos, quanto as experiências individuais. Aprende-se tanto com os outros como se aprende também sozinho. Procuramos demonstrar ao longo de nossa exposição que os museus interativos são um ambiente em que esta construção é possibilitada em toda sua riqueza.

Também entendemos que os museus são locais em que é possível, talvez de forma mais fácil do que na escola, transmitir uma concepção atual e válida de ciência. A sociedade atual seria inconcebível sem a ciência e seus avanços. Mas também seus limites e contradições necessitam ser conhecidos. Os museus são locais em que os cidadãos podem ser informados e preparados para uma participação mais consciente nas decisões de que se espera tomem parte.

Temos convicção de que o ambiente dos museus interativos presta-se à organização de experiências de aprendizagem fundadas nas concepções de aprendizagem mais atuais. A riqueza de meios e de especialistas que os museus podem reunir, possibilita-lhes organizarem seus experimentos de uma forma que diferentes capacidades de aprendizagem possam ser atendidas.

Para concluir gostaríamos de lembrar que acreditar em museus interativos de ciências é acreditar que a ciência pode ser útil no sentido de um avanço social. É acreditar na ciência. É entender que ainda pode

contribuir significativamente para a melhoria de nossas condições de vida tanto no sentido individual como coletivo.

Bibliografia

- AXT, R. O papel da experimentação no ensino de Ciências. In: MOREIRA, M.A.; AXT, R. *Tópicos em ensino de ciências*. Porto Alegre, Sagra, 1991.
- GIORDAN, A.; VICCHI, G. *Los origenes del saber*. Sevilla, Diada, 1988.
- HARLEN, W. *The teaching of Science*. London, David Fulton, 1992.

O USO DE JORNAIS E REVISTAS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS¹

Guaracira Gouvêa de Sousa
Museu de Astronomia e Ciências Afins - MAST

Introdução

Na sociedade contemporânea ocidental existem diferentes espaços com relações sociais determinadas e que geram diferentes formas de produção e aquisição de saberes. A escola sempre desempenhou o papel de espaço privilegiado de aquisição do saber hegemônico, isto é, o conhecimento que deveria ser ensinado para que o indivíduo se tornasse um cidadão de determinada época.

Por outro lado, os homens sempre engendraram nas suas relações sociais outras formas de aquisição de saberes. Diferentes meios de comunicação foram criados e no nosso atual modo de vida urbano formas de comunicação produzem e difundem saberes que estão mediados por arsenal tecnológico em constante e rápida transformação.

No cotidiano são consumidas informações oriundas de diferentes fontes, seja do cinema, da televisão, dos museus, da internet, dos textos das revistas e dos jornais, de fontes da vida comunitária como as igrejas, associações (de moradores, científicas, futebol, música, etc...) e da vida nas ruas - gangs urbanas, de ruas ou de shoppings).

Inicialmente, com o objetivo de estabelecer comparações indicarei dois grandes espaços de aquisição de saberes: a escola e o mundo fora dela.

A escola estabelece rotinas para aquisição desses saberes, há tempo determinado para cada passo do trabalho escolar. O que, porque, como se aprende e tempo para aprender é determinado pelas rotinas pré-estabelecidas. Aos professores e estudantes, em sua maioria, cabe executá-las e essas rotinas são consideradas fundamentais para que a relação ensino-aprendizagem se desenvolva com sucesso. Segundo Bourdieu a rotina do trabalho escolar forma a cultura escolar homogeneizada e ritualizada.

No mundo fora da escola há liberdade de escolha, desde que se possa consumir, de bens culturais produzidos pela sociedade. Sejam eles, segundo os seguidores da escola de Frankfurt espetáculos (manifestações legítimas da cultura - teatro - livros - concertos - museus) ou simulacros

¹ Nessa fala exporei minhas reflexões oriundas da pesquisa do uso da Revista Ciência Hoje das Crianças nas escolas realizada com os professores Maria Cristina Leal e José Peixoto Filho ambos da Universidade Federal Fluminense - UFF com o apoio do PADCT/SPEC/CAPES. Os resultados da pesquisa foram apresentados na 19^a Reunião Anual da ANPEd-1996 e no V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física - 1996.

(entretenimento da indústria cultural - programas de rádio, televisão e etc.). Também há livre escolha para seguir religiões e integrar organizações sociais mesmo que isso desencadeie formas de perseguições.

Em relação aos bens culturais, os homens ao usufruírem desses não ficam limitados pelo tempo das rotinas de produção desses bens. Nada os impede de ler um livro por muito tempo ou de abandonarem a leitura, podem entrar e sair de um espetáculo qualquer quando queiram, mesmo que isso signifique uma grosseria e principalmente podem escolher o que querem usufruir. Isso não significa que não existam regras, mas submeter-se a elas é escolha do consumidor.

Mesmo considerando que atualmente a maioria da população tem acesso somente a bens produzidos pela indústria cultural que se preocupa em vender produtos para serem consumidos nos horários de lazer e que segundo Adorno determina o próprio consumo, pode-se afirmar que o tempo de usufruir desses produtos é escolha do consumidor. Pode-se desligar o botão da televisão.

Para comparar a escola com o mundo fora da escola é fundamental estabelecer que a rotina dos espaços de aquisição de saberes fora da escola não se impõe aos usuários, não se exige tempo determinado para produção de sentido, não se avalia como foi essa produção.

A gestão do tempo e a livre escolha dos interesses afastam a cultura escolar das outras culturas. Como a escola tem se utilizado dessas outras culturas e desses diferentes veículos de informação? Essa é a questão.

Segundo Santiago "um cidadão do mundo atual, mesmo analfabeto, tem uma quantidade de informação que ultrapassa e muito a informação que tinha um cidadão mesmo alfabetizado, há meio século". Para ele, "o grave problema é o de saber transformar a quantidade de informação em conhecimento, como conduzir um cidadão a incorporá-la qualitativamente para que dela se possa valer na sua compreensão da sociedade e do mundo em que vive." (Santiago 1991, 149).

Nesse sentido é que a escola deve agir, "aprimorar a produção de sentido, isto é articular várias culturas, conectar a cultura escolar à vida, ao mundo fora da escola e assim abrir possibilidades para criar momentos de rompimento da rotina escolar.

Snyders aponta nessa direção ao afirmar que a quebra da rotina escolar se dá pela articulação entre a cultura escolar e a vida, incorporando à escola manifestações culturais reconhecidas e legitimadas na sociedade.

Separar a escola do mundo fora da escola tem como objetivo caracterizar o funcionamento desses espaços, porém não negando relações, mas admitindo que a escola e outros espaços estão inseridos numa mesma sociedade.

Pretende-se abordar principalmente as possibilidade de uso dos bens culturais como instrumentos mediadores entre formas livres de

aquisição de conhecimento e o formalismo característico do conhecimento escolar.

A Revista e o Jornal

Como fui convidada para falar sobre o uso de jornais e revistas de divulgação de ciência no ensino de Ciências, nesse momento considero importante destacar as diferenças existentes entre jornais e revistas.

Os jornais são consumidos diariamente e rapidamente, feitos de papel barato, suas notícias caducam ou são contraditórias. Utilizam-se de fontes principalmente oficiais e são lidos para se obter informações e conhecer opiniões. As revistas contêm sínteses comentadas das notícias da semana ou do mês, são feitas de papel mais resistente e apresentam informações e opiniões por meio de artigos mais elaborados.

"As relações existentes entre o texto, o objeto que lhe serve de suporte e a prática que dele se apodera" (Chartier, 1988, p. 127) indicam um caminho de leitura. Assim, as pessoas se apropriam de formas diferenciadas das revistas e dos jornais.

No caso das notícias de ciências, Assis considera que o jornalismo científico deva ser tratado como entretenimento pois explora o sensacional, o imediato, a crise - característicos de informações diárias. Por outro lado, a divulgação científica, para Assis, é a atividade cujo principal fim é tornar assuntos científicos acessíveis ao grande público, pode ser praticada por pesquisadores ou jornalistas e é veiculada pelas revistas.

A escola ao apropriar-se desses recursos deve estar atenta a essas características e não escolarizá-los, pois para que o uso desses recursos signifiquem efetivamente a quebra da rotina escolar é fundamental que suas características fiquem preservadas. Esses não podem ser tratados como livros didáticos.

O Uso de Revistas de Divulgação Científica nas Escolas

Para exemplificar a possibilidade de uso de uma revista de divulgação científica nas escolas, exporei os resultados de pesquisa de utilização da revista *Ciência Hoje das Crianças* em escolas do Rio de Janeiro (5), Niterói (3), São Gonçalo (2), Belo Horizonte (4), envolvendo 1682 estudantes de 2^a a 8^a séries do 1^o Grau, 45 professores de turma e 9 de sala de leitura. A pesquisa tinha como objetivos avaliar como a revista estava sendo utilizada em sala de aula e sua qualidade editorial. Nesta mesa redonda apresentarei os resultados obtidos a partir das falas dos professores.

Para avaliar o potencial de recurso paradidático da revista foram executadas duas ações diferenciadas. A primeira refere-se ao uso da revista pelo professor durante as suas aulas ou pelo professor da sala de leitura e a segunda as sugestões de uso elaboradas por professores

durante oficinas (3) onde se abordava o significado da alfabetização científica.

Os professores de turma receberam um conjunto de revistas e escolheram livremente como utilizá-los em sala de aula. Ao término da aula eram entrevistados sobre como tinham organizado e executado a atividade e sobre o conhecimento, distribuição e qualidade editorial da revista. Os professores da sala de leitura que são responsáveis pela guarda da revista respondiam as mesmas perguntas.

Durante as oficinas como atividade de encerramento, os professores, divididos em grupos, elaboravam formas de uso da revista e depois expunham suas sugestões ao grupo todo. Essas sugestões foram anotadas e um questionário de avaliação da oficina e sobre a revista era respondido.

A leitura das entrevistas indicou que uso feito pelo professor foi bastante diferenciado. Assim, os professores que conheciam e trabalhavam com a revista diretamente com as crianças a utilizavam como fonte de pesquisa, para produção de textos, como leitura livre, como fonte para tipo de experimentos e treinamento de leitura. Por outro lado, outros professores também conhecedores da revista, reproduziam textos para serem lidos, mas as crianças não tinham acesso à revista.

Os professores que não conheciam a revista, organizaram atividades exploratórias como: leitura livre; desenhos sobre temas; realização de jogos e experimentos.

Em uma escola onde as crianças tinham assinatura da revista por turma, estas escolhiam como utilizá-la e eram estimulados a levar a revista para casa e contar sobre o que leram.

Os professores da sala de leitura afirmaram que a revista era fonte de pesquisa para preparo das aulas dos professores e era levada para casa pelos estudantes que gostavam de Ciências.

As seções mais utilizadas em sala de aula foram experimentos, jogos, artigos científicos, contos e poesias. Os conteúdos mais consultados são os textos sobre animais em extinção, seres vivos e meio ambiente. Em áreas como matemática costumava-se fazer uso de jogos, desafios e brincadeiras.

Alguns professores fizeram sugestões para que se abordasse temas para estudantes maiores, publicasse artigos de História e Geografia, mas o restante foi unânime no sentido de não fazer modificações para adequá-la à sala de aula. Uma professora afirmou que a diversificação da revista é uma qualidade. "É bom que ela não seja curricular." Outra afirmou: "A revista deve ser do mundo e não da escola."

A utilização da revista era, em sua maioria, de iniciativa do professor. Somente em duas escolas grupos de professores organizaram a aplicação da revista em sala de aula.

Nas oficinas participaram 105 professores sendo 31 de 1^a a 4^a séries; 56 de 5^a a 8^a e 18 de 2^o Grau que apresentaram formas do uso da revista em sala de aula.

Algumas sugestões mereceram destaque: um grupo sugeriu discutir hábitos alimentares e valor nutritivo dos alimentos a partir do texto de algas comestíveis; outro, a partir de um conto do naturalista Fritz Müller, propôs estudar a flora e a fauna das localidades próximas da escola, classificá-las e expor os resultados em uma feira de ciências e um outro grupo ao trabalhar o tema papagaio iniciou a aula contando piadas de papagaio, em seguida explorou o texto sobre papagaios contido na revista e para finalizar expôs as formas de classificação das aves.

A análise dos dados da pesquisa mostra que quando professores tem acesso a um material de boa qualidade, criativo e lúdico, segundo a opinião deles, é possível criar ações pedagógicas estimulantes e facilitadoras da aprendizagem.

É importante salientar que os professores se apropriam da revista de maneiras distintas. Alguns simplesmente repetem formas tradicionais do uso do texto e da imagem, outros elaboram formas de articular relatos do cotidiano que expressam o senso comum e, por intermédio da revista, reconstruir com os alunos o discurso científico. Ainda, outros, deixando que os alunos leiam livremente a revista, proporcionam na sala de aula momentos de troca e desenvolvimento do discurso oral.

Essas formas de apropriação estão associadas as condições físicas da escola, perfil sócio-cultural dos estudantes, mas principalmente ao perfil do professor, sua história de formação e a linha pedagógica orientadora das ações da escola.

Em algumas escolas a escolha de temas a serem lidos e a própria dinâmica de condução da atividade estavam atreladas ao planejamento da escola rigidamente seguido. As professoras exigiram para participar da pesquisa que não houvesse nenhum desvio no planejamento. Por outro lado, em outras escolas os professores organizaram atividades que não estavam vinculadas às obrigações curriculares, não temendo rupturas na rotina escolar.

Pelo relatos dos professores o uso da revista em sala de aula quebra a rotina do trabalho escolar mesmo quando esse está inserido na programação. Assim, a revista pode desequilibrar o cotidiano escolar, romper com os tempos determinados dos rituais escolares, introduzir na escola elementos de outra cultura.

No mundo contemporâneo, os alunos estão imersos nas culturas de fora da escola, embora exista uma hierarquização do acesso aos bens culturais estabelecida pela possibilidade de se consumir esses bens, por exemplo, todos tem televisão, mas não TV à cabo; só alguns podem ir ao teatro ou ao cinema, todos usufruem de determinados bens culturais.

No Brasil onde as diferenças sócio-econômicas e culturais são gritantes, a escola pode exercer o papel de articuladora dessas culturas e de facilitadora de acesso aos bens culturais.

O uso da revista que é um bem cultural possibilita articular a cultura escolar com a cultura científica, articulação esta que se dá no momento da quebra da rotina do trabalho escolar; no momento em que o aluno constrói sua produção de sentido sobre os temas da revista e sobre o suporte desses temas - a revista.

Assim, a distribuição mais ampla nas escolas da revista criaria possibilidades de renovação do cotidiano escolar e de ampliação da cultura dos estudantes.

Referências Bibliográficas

- BOURDIEU, Pierre; PASSERON, Jean Claude A Reprodução. Elementos para uma teoria dos sistemas de ensino. 2^a ed. , Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1982.
- ADORNO, T.W. A Indústria Cultural. In: COHN, G. (organizador) Theodor W. Adorno. Sociologia. São Paulo: Ática, 1986. Coleção Grandes Cientistas Sociais.
- SANTIAGO, Silviano. Alfabetização, leitura e sociedade de massa. In: NOVAES, Adauto (organizador) Rede Imaginária - Televisão e Democracia São Paulo: Companhia das Letras, Secretaria Municipal de Cultura, 1991.
- SNYDERS, George. Alunos Felizes. Reflexão sobre a alegria na escola a partir de textos literários. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1993.
- CHARTIER, Roger. A História Cultural - Entre Práticas e Representações. Lisboa: Difel, 1988. Coleção Memória e Sociedade.
- ASSIS, Jesus de Paula. O Jornalismo Científico. pré printer, São Paulo, Universidade de São Paulo, 1996.

OS CENTROS DE CIÊNCIAS, OS CENTROS DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Laércio Ferracioli (aercio@cce.ufes.br)
UFES

Introdução

Comparando os eixos temáticos do último simpósio, ocorrido em Niterói a dois anos atrás, e os *Novos Horizontes* propostos para esse XII SNEF, observa-se uma ampliação dos eixos centrais de discussão.

Dessa forma, o eixo temático *Educação Permanente*, amplia as questões relativas à Formação do Professor e do Pesquisador, com o enquadramento de questões pertinentes à formação do futuro profissional do ensino, à divulgação científica, incluindo também a discussão do papel dos Museus e Centros de Ciências neste contexto.

O eixo temático *Inovações Curriculares*, amplia também as questões relativas ao desenvolvimento de currículos, com a incorporação de discussão sobre o ciclo básico e da formação de engenheiros, bem como a desafio específico da Matemática na questão da interdisciplinaridade.

O tema *Novas Tecnologias*, discutido no último simpósio dentro do eixo *Ensino-Aprendizagem* (Ferracioli, 1995), ganha nesse XII SNEF, status de eixo temático devido a proporção que o tema atingiu nesses dois últimos anos, com o rápido avanço e difusão comercial da tecnologia da imagem, bem como à alocação, por parte do governo federal, de vultuosas somas para o uso indiscriminado das novas (e antigas) tecnologias.

Apesar dos três temas serem inerentemente articulados e importantes, nesse momento em que o Ministério da Educação anuncia a compra de 100.000 computadores para as escolas públicas, a discussão sobre as novas tecnologias toma um maior vulto devido às consequências desse fato no planejamento, desenvolvimento curricular e avaliação educacional. Como coloca Kaput & Thompson (1994) analisando a questão do uso de tecnologia no ensino de matemática: a tecnologia foi imposta tanto na prática escolar quanto na pesquisa em educação matemática, e como tal, alterou a natureza dessas atividades.

Nesse contexto, o uso da tecnologia, em particular do computador, perpassa pela questão dos Centros de Ciência, da Formação Profissional e da Formação de Professores: como utilizar as novas tecnologias nos Centros de Ciência, evitando o que tem sido chamado de 'edutainment' - quando a dimensão educacional é superada pelo entretenimento - e promover um real aprendizado (Stevenson, 1991); como formar um profissional capacitado a manusear as novas tecnologias; e como capacitar o profissional já formado para essa nova realidade.

Assim, serão apresentadas propostas de trabalho que abordam essas questões no âmbito do Departamento de Física da Universidade Federal do Espírito Santo.

O Enfoque na Graduação

Dentro de uma perspectiva onde a tecnologia é entendida como *ferramental de conhecimento*, como instrumento capaz de *ampliar a capacidade do aluno em formular perguntas e muito menos em simplesmente encontrar respostas* (Ferracioli, 1996), foi proposta a criação de uma disciplina eletiva intitulada **INFORMAÇÃO, CIÊNCIA & TECNOLOGIA NO ENSINO DE FÍSICA**.

O objetivo dessa disciplina é promover a compreensão da natureza da informação por parte do aluno, a sua familiarização com as novas tecnologias e sua habilitação para explorar o potencial da tecnologia de informação no ambiente escolar. Visa ainda, promover a compreensão de que o contínuo avanço tecnológico incorpora e modifica essas ferramentas, e dessa forma, preparar o aluno, futuro profissional, para essa dinâmica tecnológica.

Nessa disciplina o aluno vai trabalhar com os temas:

- discussão sobre a utilização da informação, das novas tecnologias e da tecnologia da informação na educação
- o computador e as novas tecnologias como ferramentas de laboratório, e como ferramenta de análise de dados em laboratórios
- aplicações da micro-eletrônica e controle
- avaliação de softwares e aplicativos tecnológicos em ciências
- sistemas de modelagem e modelagem cognitiva: quantitativa, semi-quantitativa e qualitativa
- o uso de planilhas eletrônicas e bancos de dados em ciências
- ensino/aprendizagem e ferramentas: programação (e.g. LOGO, Boxer), sistemas tutoriais (e.g. CAI - computer aided instruction, ICAI - intelligent' computer-aided-instruction), teleconferências, fontes de informação através do WWW, Internet (e.g.a formação de rede de comunicação entre escolas, redes de discussão)
- informação e tecnologia e implementação curricular.

O objetivo institucional é o desenvolvimento de uma perspectiva de trabalho que promova a *integração da informática na prática pedagógica* (Vitale, 1990) ao invés do simples *uso do computador em sala de aula*.

O Enfoque na Pós-Graduação

Enquanto campo de estudo, o Ensino de Física é uma área inerentemente multidisciplinar, que trata de processos de transmissão e compreensão de conhecimento, bem como do desenvolvimento de

atividades curriculares que auxiliem o processo de ensino-aprendizagem (Millar, 1989).

Nesse contexto, é necessária a busca de parcerias com outras áreas de conhecimento, no sentido de se construir o corpo de conhecimento inerente à essa área de estudo. Isso representa uma riqueza no processo de construção de conhecimento, uma vez que associada a conteúdos e métodos específicos de outras áreas, a área de Ensino de Física aborda, desenvolve e contextualiza, através do conhecimento específico da Física, a construção de novos conhecimentos e novas práticas para o processo de ensino-aprendizagem.

Essa concepção da área de Ensino de Física tem reflexo direto na estruturação do curso. Assim, além das disciplinas específicas da área de Ensino de Física, o elenco de disciplinas oferecidas é também composto de disciplinas dos Programa de Pós-Graduação em Educação, Psicologia, e Informática.

Assim, é possível caracterizar duas linhas básicas de pesquisa:

Aprendizagem de Conceitos Físicos

- Estudo de concepções espontâneas e do conhecimento do senso comum em Física e sua estruturação e relação com o conhecimento científico, para sua utilização no processo de ensino-aprendizagem.

Informação, Ciência & Tecnologia no Ensino de Física

- Estudo de representações de conhecimento e modelagem no processo de ensino-aprendizagem e implementação curricular;
- Estudo da integração da informática na prática pedagógica, visando o desenvolvimento e a avaliação de coursewares e a inovação curricular para o 1º, 2º e 3º Graus.

As duas áreas são interligadas na perspectiva de que a primeira fornece temas de trabalho para o desenvolvimento da segunda, cujos resultados complementam e implementam a primeira.

O Enfoque na Articulação da Graduação & Pós-Graduação

O espaço institucional para o desenvolvimento dessas propostas é o **MODELAB** ou **LABORATÓRIO DE TECNOLOGIAS INTERATIVAS APLICADAS À MODELAGEM COGNITIVA** cuja proposta é a implementação da modelagem como ferramenta de trabalho no processo de ensino/aprendizagem.

O modelagem representa uma perspectiva de trabalho de integração da informática no cotidiano escolar, onde pode-se trabalhar com a interatividade, criação de ambientes de aprendizagem e a conectividade (Shank, 1994), que podem promover uma atitude mais ativa e engajada no aluno.

Conclusão

Além da intrínseca articulação dessas propostas de trabalho, elas estão também associadas à criação do CENTRO DE CIÊNCIAS E ARTES DE VITÓRIA. Uma perspectiva de trabalho é a alocação de alguns dos milhares computadores que o Ministério da Educação está comprando no Centro de Ciências para que, além da exploração da tecnologia de imagem com e pelas crianças de todas as idades, possam também ser desenvolvidos projetos de capacitação de professores juntamente com o desenvolvimento de propostas pedagógicas.

O argumento em que se baseia essas propostas de trabalho, é a de que o processo educacional foi sempre desenvolvido dentro do paradigma da tecnologia da imprensa. Nesse final de milênio, o paradigma da tecnologia da imagem se mostra cada vez mais dominante em todas as esferas da sociedade, e a educação como inerente integrante sofre as consequências dessa dominação, porém, de maneira aleatória e sem claros exemplares (Kuhn, 1970).

Nesse sentido, é necessário o direcionamento, estruturação e a implementação de projetos de estudo, de pesquisa e de fomento de recursos humanos, que além de respaldo técnico, provejam conhecimento específico para o desenvolvimento e estabelecimento da cultura desse novo paradigma no contexto educacional. Essa cultura será a síntese desse novo paradigma calcado na tecnologia da imagem, que inevitavelmente redefinirá o universo escolar/educacional estabelecido nos padrões da tecnologia da imprensa.

Caso contrário, assistiremos a perpetuação de situações do cotidiano escolar, que são hoje exemplos de ingênuas visões instrumentalistas e supostamente neutras, impondo regras e soluções estruturadas no paradigma da tecnologia da imprensa, para o vigente paradigma da tecnologia da imagem.

Referências Bibliográficas

- FERRACIOLI, L. (1995) Novas Tecnologias. In: Atas do XI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Niterói. p. 39-45.
- FERRACIOLI, L. (1996) Educação & Informática: A Construção de Possíveis (Des)Caminhos. *Desafio - Revista Interativa de Ciências Sociais*, Outubro/96, <http://www.ibase.org.br/~desafio>.
- KAPUT, J. J. & THOMPSON, P. W. (1994) Technology in Mathematics Education Research: the First 25 Years in the JRME. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6): 676-84.
- KUHN, T. S. (1970) *The Structure of Scientific Revolution*. Chicago: Universtiy of Chicago Press.
- MILLAR, R. (1989) *Doing Science: Images of Science in Science Education*. London: Falmer Press.
- SHANK, R. (1994) Active Learning through Multimedia. *IEEE*, Spring, 1994.

- STEVENSON, J. (1991) The long-term impact of interactive exhibits.
International Journal of Science Education, 13(5): 521-31.
- VITALE, B. (1990) *L'Intégracion de línformatique à la pratique
pedagogique*. Geneve, CRPP.

O USO DA INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

Ângelo de Moura Guimarães (*angelo@dcc.ufmg.br*)

Resumo

Apresenta um retrospecto de alguns dos paradigmas mais significativos do uso da informática na educação, com a intenção de discutir os aspectos relevantes para uma adequada apropriação desta tecnologia.

Abstract

Provides a brief review of the most significant and paradigmatic uses of computing on education. The main purpose is to discuss the relevant aspects towards a proper assimilation of this technology.

O uso da informática na educação não significa necessariamente a solução dos problemas de relacionamento aluno/professor ou aluno/conhecimento. Significa, certamente, a introdução de novos tipos de problemas. Eventualmente deverá significar também o aparecimento de novas oportunidades e novas idéias para facilitar e acelerar os processos de ensino e aprendizagem, mas, como procuraremos mostrar nesse trabalho, poderá significar o advento de uma nova didática do ensino, que poderá contar com instrumentos de comunicação e cooperação cada vez mais elaborados.

No universo da escola devem existir diferentes projetos pedagógicos: projetos que não envolvam necessariamente a utilização da informática, projetos que utilizem a informática marginalmente e até mesmo projetos que dependam inteiramente da informática. O problema central não nos parece ser o da utilização ou não dos computadores no processo de ensino e aprendizagem, mas sim, como as escolas, os professores e os estudantes irão se **apropriar desta tecnologia a seu favor**.

Estaremos revendo aqui alguns dos paradigmas (refletidos em propostas e experiências) mais significativas de uso da informática na educação, com a intenção de levantar os aspectos relevantes a serem considerados, para que possamos efetivamente nos apropriarmos desta tecnologia. Em outra perspectiva: como utilizar a informática como uma das propulsoras das das mudanças desejadas na educação.

Breve histórico do uso de computadores nos processos de ensino/aprendizagem

Nas primeiras iniciativas do uso do computador na educação, houve uma tentativa de reproduzir as práticas de instrução programada desenvolvidas pela corrente behaviorista (SKINNER, 1969). Estas aplicações foram se sofisticando e extrapolaram os textos estáticos dos manuais de instrução programada, passando a utilizar gráficos e animações. No final da década de 60 pareceram os primeiros sistemas de apoio à instrução (CAI: Computer Aided Instruction) (O'NEIL, 1981, JONASSEN, 1988, VALENTE, 1993^a; VALENTE, 1993^b).

No final da década de 70 a concepção de Micromundos (PAPPERT, 1980) introduz o construtivismo Piagetiano no ambiente dos sistemas de apoio à aprendizagem. Com o advento da inteligência artificial (IA) surgem os sistemas que utilizam técnicas derivadas (ICAI: Intelligente Computer Aided Instruction), como por exemplo, sistemas baseados em conhecimento e sistemas especialistas (JONASSEN, 1988; WENGER, 1987; KEARSLEY, 1987). Na década de 80, os avanços e as possibilidades criadas pela IA e a ciência cognitiva abrem caminho para a modelagem do conteúdo, da didática e do estudante, surgindo as primeiras experiências com sistemas tutoriais inteligentes (ITS: Intelligent Tutoring System) (CLANCEY, 1987, CLANCEY & SOLOWAY, 1990).

Na década de 90, a popularização do uso da hipermídia (hipertextos e Multimídia), a utilização de redes de computadores em larga escala (Internet), os avanços na psicologia cognitiva e o poder computacional e de simulação estão aumentando consideravelmente (LÉVY, 1992). Tudo isso nos coloca diante de novas dificuldades: como nos apropriar convenientemente dessas tecnologias para apoiar o processo de ensino e aprendizagem? A FIG. 1 relaciona as tecnologias utilizadas no apoio ao ensino e à instrução e à evolução do poder computacional utilizado.

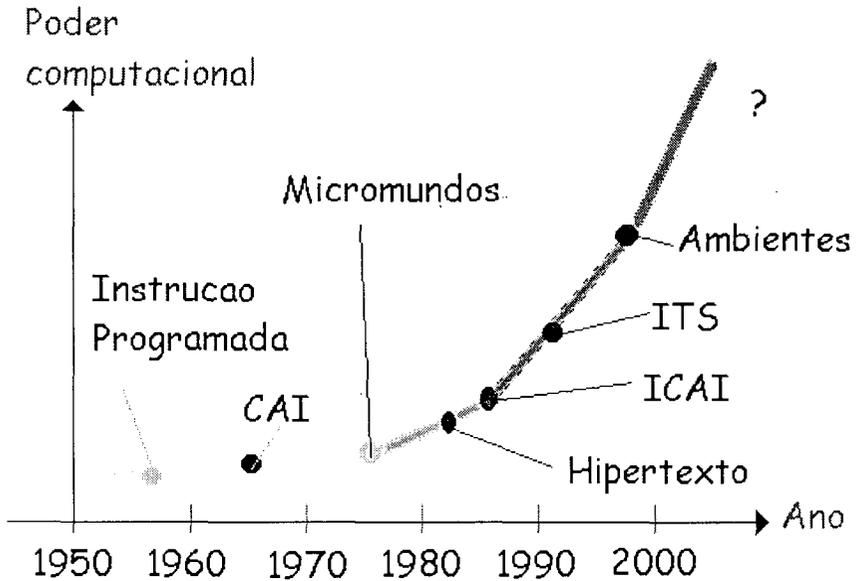


Figura 1: Poder computacional e tecnologias de ensino/aprendizagem. [Adaptado de Soloway (comunicação apresentada no ITS'92- Montréal, Canadá)]

Ecologia cognitiva

SIMON (1981) definiu um programa de pesquisa, que deu origem à um dos ramos da inteligência artificial, em cujos fundamentos preconizava que a cognição humana deveria ser vista como algo simples e estudada muito mais pelas limitações que ela impõe ao ser humano. Para Simon, a complexidade não estaria nos nossos cérebros mas sim no nosso ambiente, devido à artificialidade criada pelo próprio homem. Se uma floresta pode ser considerada como algo natural, uma fazenda certamente não poderia ser. As aves, o gado e os alimentos que produzimos na fazenda, apesar de estarem submetidos às leis naturais, são produtos de uma *ciência do artificial*.

O curso da evolução do ser humano impôs uma arquitetura cognitiva que é o resultado de uma série de adaptações bem sucedidas mas que, ao mesmo tempo, resultou num amplo conjunto de limitações (SIMON,1981; MINSKY,1986). Nossa percepção visual, por exemplo, está limitada a uma pequena faixa do espectro das ondas eletromagnéticas. Da mesma forma, nossa memória de trabalho limita o número de variáveis que conseguimos manipular simultaneamente (MILLER, 1956; ATKINSON E SHIFFRIN, 1968; BRANDSFORD E JOHNSON,1972; RUMELHART, 1980; ENTWISTLE, 1988). São pouquíssimas as pessoas que conseguem manipular mentalmente uma

simples operação de multiplicação em que cada operando tenha mais de 3 dígitos. Por outro lado, aprendemos a contornar este tipo de limitação. Recorremos a dispositivos extra-somáticos (lápiz e papel, por exemplo) para registrar os resultados intermediários, liberando a memória de trabalho para operar o algoritmo da multiplicação. Da mesma forma, aprendemos também a utilizar estratégias cognitivas para lidar com a complexidade. As implicações das teorias cognitivas, hoje disponíveis, nos remete à questão da importância dos dispositivos tecnológicos para o processo de aprendizagem (WINOGRAD & FLORES, 1987; STREIBEL, 1989; LÉVY, 1992).

Adiante, ao rever alguns dos esforços já realizados, no sentido da apropriação de recursos tecnológicos da informática na educação, tentaremos apontar as implicações destas iniciativas na nossa ecologia cognitiva e os correspondentes impactos na didática com o uso da informática.

A dificuldade de lidar com a variedade

Segundo Ashby (ESPEJO & HARNDEN, 1989), para que um sistema (controlador) ser capaz de controlar outro sistema (controlado), é requerido que o sistema controlador tenha maior (ou no mínimo a mesma) variedade do sistema controlado, além da uma capacidade do canal de comunicação compatível para a comunicação entre eles. Entende-se por variedade o número de estados que um sistema é capaz de assumir. Numa sala de aula, um professor tem um papel de controlador do processo de aprendizagem. Como a variedade de uma turma de alunos é muito grande, impossível de ser administrada por um professor, ele precisa recorrer a mecanismos capazes de diminuir a variedade da turma. Isso é feito pelo estabelecimento de programas comuns a serem seguidos, sequenciamento e cronograma estabelecidos pelo professor e seguidos pelos alunos. Impossibilitado de atender os interesses individuais de cada aluno da turma, o professor é obrigado (se quiser evitar o caos) a estabelecer normas e padrões que todos os seus alunos devem seguir. Isso representa uma diminuição da variedade que os alunos poderiam manifestar. Seria a utilização da informática uma saída para este dilema, isto é, seria possível, com a utilização da informática, aumentar a variedade de professores e alunos?

Alternativas para o uso da informática na educação

Existem várias classificações das possíveis maneiras de utilização do computador no processo de ensino e aprendizagem. Uma possível classificação mostra que o computador pode executar o papel do professor (tutor) de aprendiz (tutorado) ou simplesmente ser usado como apoio (ferramenta) (LIPPERT, 1989).

Programando (ou ensinando) o computador

A idéia de utilizar a programação dos computadores como forma suplementar no processo de aprendizagem dos alunos surgiu com os primeiros computadores. A programação permite a concretização das idéias matemáticas, além de ser um poderoso instrumento da direção da abstração e estruturação de idéias (DJKISTRA, 1965). A vantagem desse processo é que o computador funciona como um executor incansável e o aluno pode contar com o feedback do compilador, trabalhando no programa até que ele funcione (VALENTE, 1993a)

O computador como um laboratório simulado

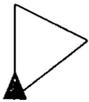
BERGERON(1992) apresenta um ambiente computacional para auxiliar o estudante no estudo de probabilidades onde o computador é usado para fazer experimentos. Se lançarmos uma moeda repetidamente podemos predizer que, ao longo do tempo, a proporção de 'caras' será $1/2$. Considere agora a pergunta: *Se repetirmos o experimento várias vezes, qual é a probabilidade de que a primeira ocorrência de 'cara' seja no terceiro lançamento?* Uma experiência deste tipo só exige uma moeda e... muita paciência. A natureza repetitiva deste tipo de experimento nos lembra que o computador poderia ser usado para gerar estes experimentos. O computador pode ser transformado em um *laboratório de probabilidade experimental* e mostrar ao estudante os resultados depois de, digamos, 10, 100 e 1000 (ou quantas o estudante solicitar) simulações do experimento de lançar moedas. Histogramas podem ser usados para mostrar a freqüência do número de repetições necessárias para completar os experimentos e a média obtida depois de um certo número de repetições (Veja FIG. 2). Este tipo de ambiente permite a geração e compilação de grande quantidade de dados aleatórios e, através da interação com este ambiente, o estudante pode desenvolver - através da experimentação - intuições sobre aleatoriedade preparando terreno para entender as ferramentas oferecidas pela teoria das probabilidades num futuro estudo formal.

onde uma ferramenta computacional é desenvolvida para criar um ambiente capaz de permitir ao estudante explorar um determinado domínio como se fosse o autor (KEARSLEY, 1987; JONASSEN, 1988). Para Pappert, que introduziu a idéia a partir do construtivismo Piagetiano, micromundos são simulações no computador onde os estudantes podem construir por si mesmos. Eles oferecem um ambiente capaz de fazer o estudante pensar sobre o que é pensar e aprender como aprender. Pappert apresentou um exemplo de suas idéias no micromundo LOGO. Inicialmente, LOGO utilizava uma Tartaruga-Robô controlada por um computador. A tartaruga-Robô era deslocada sobre uma superfície de papel colocada no chão, a partir de comandos simples fornecidos a partir de um computador ao qual ela estava fisicamente conectada. Havia ainda uma espécie de pena (caneta) presa à tartaruga-Robô, que podia ser levantada ou abaixada, registrando ou não, o caminho (percurso) seguido por ela. Com o tempo a tartaruga foi substituída por um triângulo na tela do computador. A FIG. 3 mostra como é possível ensinar a tartaruga a desenhar uma casinha, usando alguns comandos para deslocar a tartaruga e deixar o rastro na tela.



Aprenda Quadrado:

Repita 4 vezes: [PraFrente(10) ; PraDireita(90°);].



Aprenda Triangulo:

Repita 3 vezes: [PraFrente(10) ; PraDireita(120°)].



Aprenda Casinha:

**Quadrado;
PraFrente(10);
PraDireita(30°);
DesapareçaTartaruga;
Triangulo;**

Figura. 3: Comandos LOGO para desenhar uma casinha. Inicialmente o estudante “ensina” o computador a desenhar um quadrado e um triângulo. Em seguida, utilizando o conhecimento já adquirido, “ensina” o computador a desenhar a casinha.

Segundo Pappert, o fato de se utilizar um triângulo e não um ponto na tela se deve ao fato de que assim como na tartaruga, uma das

pontas do triângulo (a mais aguda) pode representar a cabeça da tartaruga e ela estará sempre apontando a cabeça para alguma direção. A tartaruga é, portanto, uma metáfora (concreta) para o ponto (abstrato) e o micromundo do LOGO (concreto) é uma metáfora para o mundo da geometria (abstrata).

A partir do momento em que o estudante atingir níveis de abstração maiores (não precisar da concretude da tartaruga para raciocinar) ele pode simplesmente fazer a tartaruga desaparecer. A FIG. 4 abaixo mostra uma série de desenhos executados com comandos simples de movimentação da tartaruga.

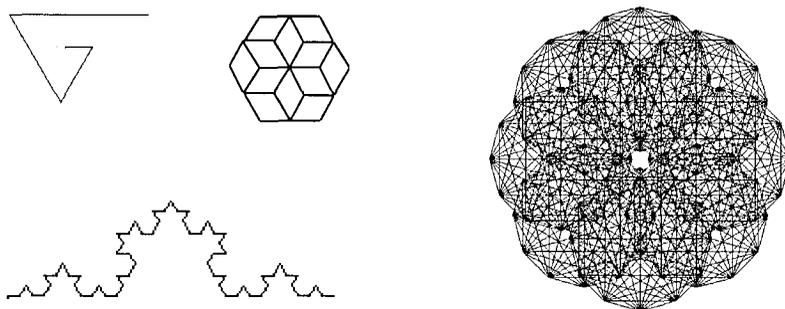


Figura 4 - Diversos exemplos de figuras geométricas produzidas com comandos LOGO.

O estudante que utiliza LOGO como um micromundo para a geometria não está aprendendo axiomas, definições, teoremas, colorários, etc., ele está tendo experiências com um mundo matemático, assimilando e acomodando novos conceitos que serão úteis mais tarde quando do estudo formal da geometria ou mesmo de outros ramos da matemática. (JOLIETE). Extensões do LOGO para utilizar dispositivos concretos como blocos, motores, polias, sensores, correias, engrenagens, eixos, etc como no LEGO-LOGO. (DE ALMEIDA, 1995), permitem que os alunos explorem conceitos de diversas áreas do conhecimento através de uma aprendizagem ativa, explorando e explicitando a solução encontrada.

O computador como tutor: Apoio à instrução e Sistemas Tutoriais Inteligentes

JONASSEN (1987) fornece uma possível caracterização das aplicações da Inteligência Artificial (IA) nos ambientes de ensino e treinamento (Veja FIG. 5).

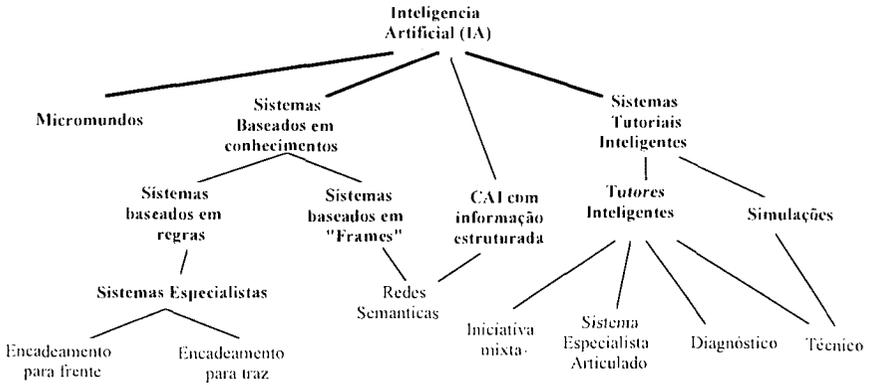


Figura 5: Aplicações da Inteligência Artificial no ensino e treinamento.

Adaptado de JONASSEN (1987)

Sistemas baseados em conhecimento são sistemas nos quais a base de conhecimento relativa a um conteúdo é criada e colocada à disposição do estudante que pode “navegar” ao longo desta base de conhecimento. Sistemas especialistas são sistemas baseados em regras nos quais uma série de regras do tipo “SeEntãoSenão” são incorporados a uma base de conhecimento e um motor de inferência é capaz de estabelecer novas regras de modo a responder questões específicas colocadas pelo usuário.

Sistemas tutoriais inteligentes podem aplicar os conceitos de micromundos e sistemas baseados em conhecimento, incluindo, também, características tutoriais. Vários paradigmas vêm sendo experimentados na pesquisa de sistemas tutoriais inteligentes: Tutoria com iniciativa mista; micromundos; sistema especialista articulado; simulações com orientação e sistemas de diagnóstico (KEARSLEY, 1987).

Em sistemas com tutoria de iniciativa mista, tanto o sistema quanto o aluno pode iniciar uma conversação. Sistemas tradicionais, por exemplo, dificilmente tentam este tipo de enfoque. Eles usualmente tentam interagir com o estudante através de solicitações de respostas fechadas, uso de menus e ajudas pré-definidas. O problema mais sério em sistemas com tutoria de iniciativa mista é a dificuldade com a compreensão da linguagem natural. As aplicações conhecidas geralmente trabalham em um domínio bem delimitado, com um reduzido vocabulário e sintaxe restrita.

Sistemas especialistas articulados são sistemas tutoriais nos quais um sistema especialista é capaz de prover explicações durante a interação com o estudante.

Simulações com orientação são sistemas baseados na metáfora de um técnico (como um técnico de futebol) atrás dos ombros do estudante. O técnico (orientador) é capaz de observar a *performance* do estudante,

sugerindo alternativas e maneiras diferentes de conduta, sempre que necessário.

Sistemas de diagnóstico provêm da idéia de que tutores humanos gastam a maior parte do tempo simplesmente explicando para os seus estudantes as concepções errôneas (e a origem desses erros) que aparecem durante uma lição. A maioria dos sistemas de diagnóstico são baseados na criação de um catálogo de erros nos quais uma série de erros, possíveis e usuais, são construídos, derivados de protocolos ou baseados na experiência prévia de professores.

O interesse em ambientes interativos de aprendizagem (ILE: Interactive Learning Environments) parecem ser uma tendência importante das pesquisas na área para a década de 90 e correspondem a uma combinação dos micromundos e dos sistemas tutoriais onde estudantes e professores trabalham em conjunto, desenvolvendo projetos comuns (CLANCEY & SOLOWAY, 1990).

Hipertextos e Hiper mídias

A viabilidade de disponibilizar diferentes mídias com um mesmo protocolo (a linguagem digital) (NEGROPONTE, 1995), tornou possível o desenvolvimento de programas de computadores como gerentes do processo de disponibilizar recursos complementares. A navegação entre pontos diferentes de uma mesma obra ou para diferentes locais da mesma obra numa leitura não-linear, permite que cada usuária siga o caminho que lhe parecer mais adequado. A idéia do Hipertexto e da Hiper mídia popularizado na década de 80 com o HyperCard (Apple, 84) passou a ser amplamente utilizado nos CD-ROMs e nos navegadores da Internet através da linguagem HTML (GRAHAM, 1995).

Jogos Computacionais

Um enfoque promissor é o uso de ambientes de aprendizagem com orientação (em contraste com os ambientes puramente abertos dos micromundos).

Em WEST (BURTON e BROWN, 1979) foi desenvolvido uma espécie de jogo educacional chamado "How the west was won" (Como o oeste foi conquistado). O propósito do jogo é exercitar habilidades aritméticas. Os jogadores são envolvidos numa corrida para a sua cidade natal conforme mostra a FIG. 6.

VeZ do Computador

Os números são

2 1 2

Sua jogada:

$2 \times 1 + 2 \Rightarrow 4$

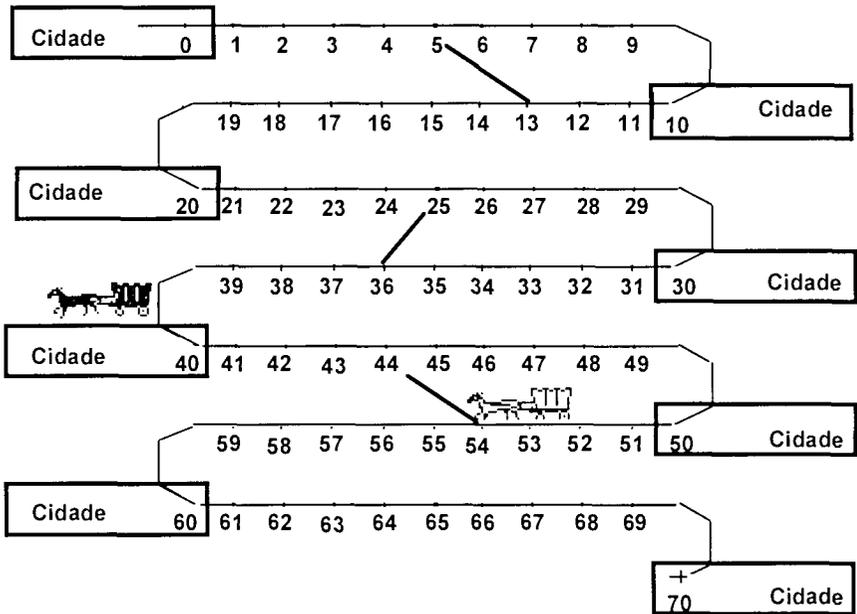
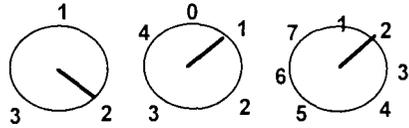


Figura 6: Tela típica do jogo educacional WEST.

Quando da vez do jogador, ele recebe três números aleatórios fornecidos nas roletas à direita. Com estes números, ele deve compor uma expressão aritmética que tenha dois operadores diferentes. O resultado da expressão fornece o número de espaços que ele pode percorrer. No entanto, o jogo é concebido de tal forma que a obtenção de uma expressão que forneça o maior número não é necessariamente a melhor estratégia, devido a existência de atalhos e pela possibilidade de atrasar um oponente que não esteja posicionado em uma cidade. O objetivo do jogo é, portanto, fazer com que o jogador (estudante) explore diferentes maneiras de combinar os números numa expressão aritmética. No entanto, algumas pesquisas (RESNICK, 1975) mostraram que os estudantes rapidamente convergem para um certo número de padrões, perdendo a oportunidade de exploração. Nesses casos é necessário fornecer orientação aos estudantes. Seria preciso que as intervenções fossem relevantes. A solução adotada utilizava uma comparação entre as

decisões do estudante e as decisões de um especialista para os mesmos movimentos.

O computador como ferramenta

Além do uso tradicional de editores de texto, bancos de dados e planilhas eletrônicas, vem sendo colocado à disposição dos usuários de computadores uma série de programas aplicativos especialmente projetados para “executar” matemática.

Mathematica (Wolfram Research), **Maple V** (Waterloo Maple Software) e **MathCAD** (MathSoft) são representantes de categorias diferentes de software para processamento de matemática (BARAN, 1992). Enquanto **Mathematica** foi projetado para ser usado pela comunidade científica, **MathCAD** é mais simples e foi projetado para ser um “caderno de notas” para cálculos matemáticos. **Maple V** tem muitas das características de **Mathematica** exceto a interface gráfica. Além de trabalhar como calculadores numéricos ou simbólicos **Mathematica** e **Maple V** possuem uma linguagem de programação embutida. Apresentaremos aqui alguns aspectos do que é possível fazer com **Mathematica**, que, entre os três pacotes acima referidos, é o que apresenta a melhor interface gráfica (*o que você vê é o que você calcula*). Os exemplos a seguir são baseados no capítulo I de WOLFRAN (1991).

Uma das características mais importantes de **Mathematica** é a sua habilidade de lidar com fórmulas no formato algébrico:

$$(1 + x)^3$$

$$(1 + x)^3$$

é possível expandir uma expressão (% indica a expressão introduzida recentemente):

Expand[%]

$$1 + 3x + 3x^2 + x^3$$

Mathematica fornece uma fórmula explícita para o resultado. É possível fatorar novamente o resultado voltando à fórmula original:

Factor[%]

$$(1 + x)^3$$

É possível usar **Mathematica** no Cálculo. Por exemplo, uma integral simples:

Integrate[x^n, x]

$$\frac{x^{(1+n)}}{1+n}$$

Ou uma integral mais complicada:

`Integrate[x/(x^3-1), x]`

$$\frac{\sqrt{3} \left(\text{ArcTan} \left[\frac{1+2x}{\sqrt{3}} \right] \right)}{3} + \frac{\text{Log}(1-x)}{3} + \frac{\text{Log}(1+x+x^2)}{6}$$

Podemos também diferenciar de novo:

`D[%, x]`

$$\frac{-1}{3(1-x)} + \frac{2}{3 \left[1 + \frac{(1+2x)^2}{3} \right]} - \frac{1+2x}{6(1+x+x^2)}$$

O que forneceu o resultado numa expressão algébrica diferente. Podemos voltar à forma original via simplificação:

`Simplify[%]`

$$\frac{x}{-1+x^3}$$

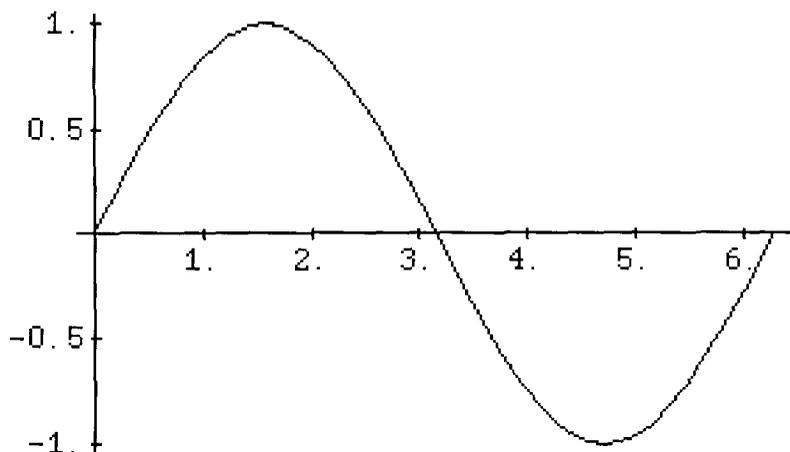
Esta é a maneira de resolver uma equação quadrática em *Mathematica*.

`Solve[x^2 + 2 a x + 1 == 0, x]`

$$\left\{ \left\{ x \rightarrow \frac{-2a + \sqrt{-4 + 4a^2}}{2} \right\}, \left\{ x \rightarrow \frac{-2a - \sqrt{-4 + 4a^2}}{2} \right\} \right\}$$

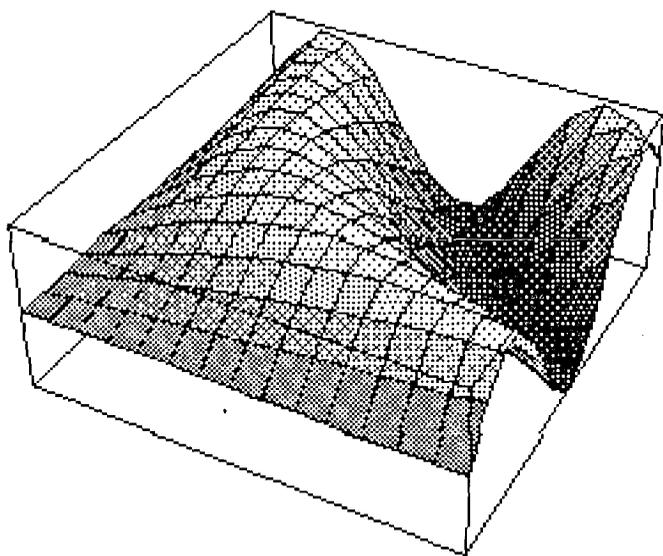
Mathematica pode fornecer rapidamente o gráfico de funções, bastando fornecer a função e o(s) intervalo(s) desejados:

`Plot[Sin[x], {x, 0, 2Pi}]`



É possível obter gráficos tri-dimensionais também:

`Plot3D[Sin[x,y], {x,0,3}, {y,0,3}]`



Um dos aspectos interessantes de *Mathematica* para a divulgação e comunicação de idéias, é a sua habilidade de suportar (editar e ler) “cadernos de matemática” (Notebooks) que consistem de uma mistura de textos, gráficos e entradas *Mathematica*. O desenvolvimento desses cadernos pode ser imaginado como um trabalho a ser executado, quando da utilização da *Mathematica* pelos professores

ao propor e desenvolver exercícios, pelos atuais autores de livros de matemática e até mesmo pelos alunos durante a resolução de problemas.

Comunicação à distância

A Educação à Distância (EAD) é o processo capaz de permitir o acesso à aprendizagem quando a fonte da informação (e/ou controle do curso) e o aluno estão separados pelo tempo e/ou distância. Na EAD clássica o meio de comunicação usual é a utilização de correspondência via correio (BORDENAVE, 1987). Novas tecnologias estão viabilizando a EAD no meio digital, em especial, utilizando redes como a Internet ou as Intranets. Essa modalidade pode ser chamada de Educação “on-line” para diferenciar da EAD clássica (HARASIM, 1992). Para aprender as pessoas precisam estar aptas a se comunicarem, e um ambiente de educação “on-line” permite aos alunos (envolvidos) conversar entre si e com professores e monitores acerca de qualquer questão ou interesse que tenham. O desafio em um ambiente de educação “on-line” é o de manter essas linhas de comunicação abertas através do uso de recursos tecnológicos (computadores clientes e servidores em uma rede de telecomunicação).

Entre as possibilidades tecnológicas já disponíveis da Educação “on-line” podemos destacar :

- Correio eletrônico (e-mail), que permite o contato individual aluno-aluno, professor-aluno, aluno-monitor, etc.
- Listas de discussões/Newsgroups ou Conferências, onde uma mensagem é enviada a um servidor e todos que estão associados à lista podem ter acesso a essa mensagem.
- As sessões de bate-papo (chats) permitem uma discussão síncrona (em tempo real) num diálogo a várias vozes. A interação pode se dar através de texto ou áudio (nesse caso, os computadores clientes precisam estar equipados com uma placa de som e microfone).
- Ferramentas colaborativas e os “Groupware”(HARASIM & TELES, 1994), que permitem a criação de uma memória organizacional e troca de conhecimento e perícia entre locais diferentes (geografia), tempos diferentes e redes diferentes. É uma espécie de junção de fontes de informação não-estruturadas como as geradas por processamento de texto, troca de correspondência e faxes e fontes estruturadas como bancos de dados. Provê suporte para comunicação síncrona e assíncrona (por exemplo, um documento pode ser gerado simultaneamente por múltiplos usuários simultaneamente ou arquivos podem ser trocados eletronicamente entre eles para edição posterior).

Conclusões

Apesar dos esforços já despendidos no desenvolvimento de diferentes alternativas do uso da informática na educação, tudo ainda está por fazer. A maior parte dos exemplos aqui apresentados e praticamente a maioria dos mais complexos, que foram até hoje desenvolvidos, somente foram testados em laboratório. Nos casos em que houve um teste efetivo em salas de aula, os resultados não foram tão espetaculares a ponto de justificar o esforço e recursos investidos. Por outro lado, muitas idéias foram exploradas e novas idéias certamente irão surgir no futuro. Quase sempre as melhores soluções encontradas envolvem uma maneira bastante diferente de ensinar do que indicam as práticas tradicionais nos livros ou em sala de aula.

O que se apreende dessa história é que precisamos nos desvencilhar dos nossos (pré)conceitos de didática arraigados em uma experiência de quase duzentos anos de ensino em sala de aula (WINN,1990), e descobrir maneiras alternativas se quisermos ensinar e aprender usando computadores. Os computadores e a informática vieram para alterar definitivamente nossa ecologia cognitiva e conseqüentemente a nossa maneira de ensinar e aprender.

Referências Bibliográficas

- ANDERSON, J.R, BOYLE, C. F., YOST, G. The geometry tutor. *Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Los Angeles, p. 1-7. 1985.
- ATKINSON, M, SHIFFRIN, R.M. Human Memory: A proposed system and its control process. In: Spence K., Spence, J (Ed.) *The Psychology of Learning and Motivation*. Vol. 2. New York: Academic Press. 1968.
- BARAN, N. What you see is what you solve: Mathematica and MatCAD for Windows. *Byte*. p. 263-266, maio 1992.
- BERGERON, A. Assisted Mathematics: the Case of Discrete Probabilities. In: *Intelligent Tutoring Systems..* Proceedings of the Second International Conference, ITS' 92. Montreal, Junho 1992
- BOYLE, C.F. ANDERSON, J.R. Acquisition and automated instruction in geometry skills. *Annual Meeting of the AERA*, New Orleans. American Educational Research Association. Washington, D.C. 1984
- BRANDSFORD. J.D. & JOHNSON, M.K. Contextual prerequisites for understanding: some investigations of comprehension and recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. Vol. 11, p.717-726. 1972.

- BROWN, J. S. , BURTON, R. R. Diagnostic Models for procedural bugs in basic mathematical skills. *Cognitive Science*. Vol. 2, p 155-191. 1978.
- BROWN, J.S. Process versus Product: a perspective on tools for communal and informal electronic learning. In: *Report from the Learning Lab: Education in the Electronic Age*. Educational Broadcasting Corporation. 1983 (Reimpresso no Journal of Educational Computing Research (1985), Vol. 1, pp. 179-201).
- BURTON, R. R., BROWN, J.S. An investigation of computer coaching for informal learning activities. *Int. Jnl. of Man-Machine Studies*. Vol. 11, pp. 5-24. 1979.
- CASAS, L. A. A.; BRIDI, V. L; FIALHO, F.A.P. Construção de Conhecimento por Imersão em Ambientes de Realidade Virtual. in *Anais do VII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. SBC. DCC/UFMG. Novembro. 1996. p. 29-43
- CLAMCEY, W.J. . *Knowledge-based Tutoring: The GUIDON Program*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press. 1987
- CLAMCEY, W.J. Guidon-Manage revisited: a socio-Technical Systems Approach. In: *Intelligent Tutoring Systems..* Proceedings of Second International Conference, ITS 92. Montreal, pp. 21-36, Junho 1992.
- CLANCEY, W.J., SOLOWAY, E. (Ed.) *Artificial Intelligence and Learning Environments*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. 1990.
- DAUPHIN, G. *Math-Mountain Addition* Los Angeles: Markhan Drive. Slidell. 70458.1987 (Programa de computador - Shareware).
- DE ALMEIDA, M. E. B.T.M. LEGO-LOGO e interdisciplinaridade. In *Anais do VII Congresso Internacional LOGO e I Congresso de Informática Educativa do Mercosul*. LEC/UFGRS. p. 15-24. Novembro. 1995.
- DJKISTRA, E. W. Programming considered as a human activity. In: *Proceedings of the IFIP Congress*. Amsterdam, North-Holland. p.213-227. 1965.
- ENTWISTLE, N. J. *Styles of Learning and Teaching..* New York: Wiley. 1988.
- ESPEJO, R; HARNDEN, R (Eds.) *The Viable System Model: Interpretations and Applications of Stanford Beer's VSM*. John Wiley & Sons. 1989
- GRAHAM, I. S. *The HTML SourceBook*. John Wiley & Sons, Inc. 1995.

- HARASIM, L. Network Learning: A new paradigm for education. *IMPACT: Global Education Issue*. New York State Association for Supervision and Curriculum Development. 1992.
- HARASIM, L.; TELES, L. Developing the Virtual Interactive Environment for Workgroups. In A. Stahmer, L. Van Den Brande, and T. Riveste (Eds.) *New Media Learning Technologies: Perspectives on Developing an International Collaboration for Flexible and Distance Learning*. The Canada-European Union Workshop, Industry Canada. 1994.
- JONASSEN, D. H. (Ed.). *Instructional Design for Microcomputer Courseware*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. 1988
- KEARSLEY, G. (Ed.). *Artificial Intelligence & Instruction: Applications and Methods*. Don Mills, Ontario: Addison-Wesley Publishing Company. 1987
- KINBALL, R. A self-improving tutor for symbolic integration. In: Sleeman D.; Brown, J.S. (Ed.) *Intelligent Tutoring Systems*. London: Academic Press. 1982.
- LÉVY, P. *As Tecnologias do Conhecimento*. Rio de Janeiro: Editora Brasiliense, 1992.
- LIPPERT, R. C. Expert systems: tutors, tools and tutees. *Journal of Computer-Based Instruction*. Vol. 1, No.16, p.11-19. 1989
- MERRILL, M.D.; LI, Z.; & JONES, M.K. Limitations of first generation instructional design. *Educational Technology*. Janeiro, p7-11. 1990
- MILLER, G.A. The magical number seven, plus and minus two: Some limitations on our capacity for processing information. *The Psychological Review*. Vol. 63, No. 2, p.81-97. 1956.
- MINSKY, M. . *The Society of Mind*. New York, NY: Simon & Schuster. 1986.
- NEGROPONTE, N. *A vida Digital*. São Paulo: Companhia das Letras. 1995.
- O'NEIL, H. F. (Ed.). *Computer-Based Instruction: A State of the Art Assessment*. New York: Academic Press. 1981.
- O'SHEA, T., SLEEMAN, D.H. A design for adaptive self-improving teaching system. In: Rose, J. (Ed.) *Advances in Cybernetics*. London: Gordon and Breach Publishers. 1979.
- PAPPERT, S. *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic. 1980
- REINARDT, A. As Novas Formas de Aprender. *Byte*. Março, 1995
- REISNIK, L. B. *Computational Models of Learners for Computer Assisted Learning*. Dissertação Doutoral. University of Illinois, Illinois: Urbana-Champaign. 1975

- RICKEL, J. W. Intelligent computer-aided instruction: a survey organized around system components. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. Vol.19, No.1, p.40-57. 1989
- RUMELHART, D.E. Schemata: the building blocks of cognition. In Spiro, R.J.; Bruce, B.C.; & Brewer, W.F. (Ed). *Theoretical Issues in Reading Comprehension*. Hillsdale, NJ: LEA. 1980.
- SIMON, H. A. *The Science of the Artificial* (2a. Edição). Cambridge, MA: MIT Press. 1981
- SKINNER, B.F. *The Technology of Teaching*. New York: Appleton, Century Crofts. 1969
- STREIBEL Instructional plans and situated learning: the challenge of Suchman's theory of situated action for instructional designers and instructional systems. Annual Meeting of the *Association of Education Communications and Technology*. Dallas, Texas. 1989
- VALENTE, J.A. Por Quê o Computador na Educação? In VALENTE, J. A. (org.) *Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação*. Campinas: Ed. UNICAMP, p. 1-25. 1995.
- VALENTE, J. A. Diferentes Usos do Computador na Educação. *Em Aberto*. Miniatério da Educação e Desportos. V12, N57, p. 3-16. 1994.
- VAN LEHN, K. Bugs are not enough: Empirical studies of bugs, impasses and repairs in procedural skills. *The Journal of Mathematical Behavior*, Vol. 3. No. 2, p. 3-71. 1982
- WENGER, E. *Artificial Intelligence and Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. Los Altos, California: Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 1987
- WINN, W Some Implications of Cognitive Theory for Instructional Design. *Instructional science*. . Vol. 19, p.53-69. 1990
- WINOGRAD, T. & FLORES, F. . *Understanding Computers and Cognition*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Co., Inc. 1987
- WOLFRAN, S. *Mathematica: A System for Doing Mathematics by Computer*. Redwood City: California: The Advanced Book Program. Addison-Wesley Publishing Co. 1991.
- YAZDANI, M. Intelligent tutoring systems: an overview. In: *Artificial Intelligence and Education. Vol 7: Learning Environments and Tutoring Systems*. R.W. Lawler & Masoud Yazdani (Ed.) Norwood. NS: Ablex Publishing Corp. 1987.

A INFORMÁTICA NOS CURSOS DE LICENCIATURA

Marcos da Fonseca Elia
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Pano de Fundo

Para que possamos discutir de forma conseqüente o tema desta Mesa Redonda faz-se necessário, preliminarmente, que cada um dos debatedores explicita as questões que consideram já suficientemente discutidas e razoavelmente esclarecidas para si mesmos, de forma que se teça um pano de fundo como cenário do que ora será colocado em debate.

Neste sentido, queremos desde já declarar que acreditamos que o modelo atual de escola não mais se adequa às necessidades dos dias de hoje e do amanhã. Tal modelo foi concebido há mais de dois séculos para atender os poucos alunos oriundos das classes mais favorecidas, onde os currículos (objetivos, conteúdos programáticos, metodologias de ensino, etc) deveriam permanecer praticamente imutáveis por vários anos. Hoje, ao final do Séc. XX caracterizado pela explosão do conhecimento científico e tecnológico que, por sua vez, gerou em cadeia outras explosões (demográfica, base de conhecimento, etc), a escola tem que estar preparada para atender um número muito maior de alunos com uma estrutura curricular mais flexível, em termos de conteúdos e métodos (os objetivos da Educação são perenes!), que responda com rapidez as constantes transformações que ocorrem no cotidiano da sociedade no limiar do Séc.XXI.

Queremos também afirmar que acreditamos no poder transformador das chamadas novas tecnologias da informação e da comunicação-NTIC e, em particular, no importante papel que ela pode ter no processo de repensar uma nova escola. Ou seja, entendemos as NTIC como sendo apenas uma nova e potente linguagem de organizar e comunicar informações (o que, como nos alerta Bruno Vitale, não exclui nenhuma das outras, inclusive, a mais antiga delas que é a linguagem oral), a sua introdução na escola será proveitosa para criar uma oportunidade aos professores para repensarem a escola como um todo, refletirem sobre a sua prática pedagógica e, conseqüentemente, serem capazes de produzir novas idéias e modelos que possa nos levar realmente a uma nova escola. Portanto, como corolário, o que estamos também afirmando como sendo nossa profunda convicção é que o professor deve ser o principal agente do processo de informatização das escolas, em frontal oposição aos projetos feitos de cima-para-baixo que em geral excluem os professores ou os colocam em situação de meros coadjuvantes.

Entretanto, uma introdução correta das NTIC na escola é uma tarefa complexa e um desafio muito grande que requer a atuação

integrada dos setores mais organizados da sociedade e, em particular, do governo, intelectuais e empresários. No Brasil, infelizmente, a entrada do computador na escola está se dando sem esta parceria e o resultado é bastante preocupante. Pelo lado do governo, em que pese terem sido propostas algumas boas políticas de âmbito nacional nos últimos 15 anos os resultados obtidos até agora são muito inexpressivos, principalmente, pela descontinuidade na aplicação dessas políticas.

Pelo lado empresarial, pressões mercadológicas insuportáveis (p.ex., hoje há pais que não matriculam seus filhos em escolas que não usem “o computador no ensino”) têm levado diretores a informatizar suas escolas a toque-de-caixa, na maioria das vezes terceirizando o processo através de firmas especializadas que, em número cada vez maior, estão oferecendo serviços e produtos de informática na educação. Além de os produtos oferecidos não terem eficácia pedagógica comprovada, não nos parece ser uma boa alternativa terceirizar essa tarefa a firmas externas que não participam do dia-a-dia da escola, que não estão comprometidas com a proposta pedagógica da escola e que, portanto, não poderiam introduzir as novas tecnologias tirando proveito do melhor que-conforme já assinalamos anteriormente- elas parecem poder oferecer no momento: a oportunidade dos professores repensarem a sua prática pedagógica.

Pelo lado da ‘inteligência’ brasileira a situação também não anda nada bem já que as ações estão sendo pautadas mais por posturas oportunistas de momento e menos por exercícios de reflexão que antecipam problemas e encaminham soluções, o que a retira de uma posição de liderança que deveria exercer e a coloca a reboque da situação. Por exemplo, já há bastante tempo deveriam as Universidades terem iniciado programas institucionais de pesquisa voltados para essa área NTIC aplicada à Educação, como também, já deveriam as sociedades científicas terem pautado esse tema em seus eventos científicos. (Note-se que somente agora, em 1997, o SNEF apresentou pela primeira vez as NTIC como eixo temático!).

Formação do Professor em NTIC

Partindo da premissa de que o professor deve ser o agente principal do processo de informatização da escola, queremos propor agora que o eixo do nosso debate se desloque para o processo de formação desses profissionais.

Todos os professores, do 1º ao 4º Grau, deveriam receber uma formação sobre o uso das tecnologias IC na sua prática pedagógica...

É nossa convicção que todos os professores, do 1º ao 4º Grau, passem a receber uma formação sobre o uso das tecnologias IC na sua prática pedagógica. Esses cursos de formação em Informática na Educação deveriam ter os mesmos objetivos gerais e conteúdo programático, independentemente do grau em que atua o professor,

exceto para os professores do 1º segmento do 1º Grau que na sua quase totalidade não possuem formação universitária.

Cursos idênticos para todos os professores, independentemente do nível em que atuam...

Além disso, considerando que esses conteúdos se referem apenas a uma nova linguagem baseada em tecnologia IC que muito provavelmente seriam trabalhados sob a forma de discussões em torno de alternativas aceitáveis (visto que até hoje não temos ainda modelos bem estabelecidos sobre o uso da informática na educação), nos parece razoável imaginar que na medida do possível esses cursos, quando forem dirigidos para professores em serviço (cursos de formação continuada), sejam ministrados misturando os professores que atuam em diferentes níveis, que assim poderiam trocar não só diferentes experiências entre si, mas principalmente, poderiam mais facilmente estabelecer parâmetros ou limites de referência dessa linguagem que mais se adequariam a faixa etária de seus alunos.

Devemos dar atenção especial aos novos professores...

Disciplinas sobre o uso de tecnologias de informação e de comunicação devem ser introduzidas nos currículos dos cursos de Licenciatura. Hoje, já seria necessária pelo menos uma disciplina obrigatória que levasse aos licenciandos a tomar conhecimento da tecnologia e todo o seu potencial de uso na educação, isto é, cujo programa privilegiasse a visão geral da área em detrimento do seu aprofundamento, despertando a curiosidade e o interesse dos futuros professores. Mas o ideal seria, a partir daí, ser oferecida uma segunda disciplina, talvez optativa, que permitisse o aprofundamento em ou outra forma de uso de acordo com os interesses do licenciando e/ou com a área de conteúdo em questão.

Conteúdos curriculares com grande ênfase na reflexão crítica sobre o uso das tecnologias IC...

Instrumentação através de plataformas tecnológicas diferentes...

Pelo menos 50% dos conteúdos disciplinares desses cursos deveriam estar voltados para uma reflexão crítica sobre o uso das novas tecnologias IC, com forte ênfase nos aspectos psico-pedagógicos, filosóficos e éticos. A parte referente à instrumentação da tecnologia deve se preocupar em diversificar tanto quanto possível as plataformas, configurações e software básicos para que haja a convivência do futuro profissional com diferentes ambientes e propostas, evitando-se assim uma espécie de monocultura tecnológica.

Nicho institucional ideal: programa interdepartamental...

Um outro aspecto que também nos parece claro é que esses cursos deveriam ser estruturados dentro de um princípio de co-responsabilidade institucional (multidisciplinaridade), incluindo a sua estrutura curricular, a realização das atividades programadas e o seu corpo docente, constituído por professores de diversas unidades acadêmicas da

Universidade. Tais cursos quando sob responsabilidade de um único departamento acadêmico podem até funcionar em caráter transitório enquanto inexistir na instituição um grupo de interesse (massa-crítica) interdepartamental, mas jamais deveriam ser vistos como um objetivo institucional a ser perseguido.

Menos competição e mais cooperação...

Infelizmente, o que já estamos hoje observando em instituições de ensino superior de grande porte, onde essa massa-crítica já existe, é uma grande disputa entre os departamentos com maiores afinidades com o assunto de informática, cada um querendo avocar para si a responsabilidade exclusiva pelas atividades no setor. Pelo menos na minha Universidade é flagrante essa falta de coordenação com vistas a uma ação mais cooperativa e menos competitiva, o que, sem qualquer dúvida, gerará sequelas provavelmente irreversíveis.

Vamos cometer somente erros originais...

Talvez seja proveitoso lembrar que essa atitude divisionista, que parece já está ocorrendo com a área de Informática, pode ser comparada às disputas que há uns 30 anos pelo menos vêm ocorrendo entre os departamentos da área pedagógica e os departamentos de conteúdos mais específicos sobre quem deve deter a responsabilidade pelos cursos de formação de professores oferecidos pela Universidade. E o curioso nesse caso é que existe uma legislação, também de longa data, onde se determina que o processo de formação de professores seja conduzido em regime de co-responsabilidade pelas diversas competências envolvidas.

Relato de experiências na UFRJ

Nossa experiência na UFRJ com a formação de professores em Informática na Educação já acumula uns 10 anos e tem sido muito diversificada. No início eram apenas experiências isoladas ou experiências pilotos, mas hoje em dia as ações nessa área já estão bastante sistematizadas e institucionalizadas. Passaremos a comentá-las de forma resumida.

Formação de Professores de 4º Grau (Pós-Graduação Stricto Sensu):

Três unidades acadêmicas da Universidade (COPPE, Fac.Educação e NUTES) já reconheceram a Informática na Educação como uma área de concentração dos seus cursos de Pós-Graduação, entretanto, exceptuando a primeira, este é ainda um fato muito recente. A produção científica dos programas COPPE/Sistemas e COPPE/Produção é bastante expressiva, já contando com cerca de meia dúzia de teses de doutoramento e duas dezenas de dissertações de mestrado defendidas.

Formação de Professores de 3º Grau:

Com exceção do curso de graduação em Informática, praticamente inexistente na UFRJ esse tipo de formação. Entretanto, está em fase inicial o

projeto “Universidade Interativa” em parceria com a IBM/Lotus, onde se prevê uma formação intensiva dos professores da própria Universidade em tecnologia IC.

Formação de Professores de 1º e 2º Graus:

No que se refere à formação inicial oferecida através dos Cursos de Licenciatura, foi oferecida nos anos de 1988/89 uma disciplina piloto (eletiva) de Informática na Educação para licenciandos da área de ciências. Em 1993, esta disciplina foi incluída como obrigatória no currículo dos Cursos de Licenciatura em Biologia, Física e Matemática) Como se pode ver, em que pese o nosso pionerismo, apenas 10% dos cursos de formação de professores incorporaram esses novos conteúdos em seus currículos.

Esta disciplina objetiva proporcionar ao licenciando uma visão geral da área por meio de palestras de pesquisadores convidados sobre as mais diferentes formas de uso do computador, leitura de material bibliográfico selecionado e de atividades laboratoriais onde se exercitam em alguns aplicativos úteis ao trabalho docente (p.ex., planilha eletrônica) e em programas de ensino por computador (PECs) propriamente ditos.

Enquanto uma proposta institucional da UFRJ, a formação continuada de professores em IC teve início em 1992 quando foi oferecido um Curso de Atualização de 160 horas para professores graduados em exercício no 1º, 2º ou 3º graus. Em julho de 1993, foi iniciado um curso de Pós Graduação *Lato Sensu* no nível de Especialização (360 horas) em Informática na Educação para a mesma clientela-alvo (60 professores em serviço), com um apoio do FNDE/MEC e da própria UFRJ, através da Sub-Reitoria de Ensino de Graduação e Corpo docente.

O Curso de Especialização em questão foi dado por professores de diversas unidades da UFRJ, sob uma forma intensiva de duas semanas no período de férias escolares, e sob uma forma extensiva em que os professores-alunos devem comparecer durante um fim-de-semana (sexta e sábado) por mês à UFRJ, ao longo dos meses letivos. As novas tecnologias são usadas neste curso como mote para uma reflexão crítica sobre a escola, sociedade, ciência e tecnologia, colocando o professor no centro e como sujeito do processo de informatização de sua prática pedagógica. A partir dessa idéia básica, o currículo é então organizado segundo três eixos norteadores:

(i) Atualização de conteúdos específicos- Aproveitando a oportunidade do retorno do professor à Universidade, ele deve dedicar 60 horas (16%) em estudos relacionados a sua própria área de formação, sob orientação dos departamentos universitários correspondentes.

(ii) Disciplinas integradoras- De um lado, consiste em atividades de leituras, palestras e debates com o objetivo mencionado justamente acima (fundamentos psicopedagógicos, éticos, filosóficos, etc) e, de outro,

de atividades de instrumentação na tecnologia de informática (arquitetura de um computador, sistemas operacionais, linguagens de programação, software educativo, etc) desenvolvidas sob a forma de minicursos de 20 horas, nos quais o professor-aluno pode formar diferentes grades de pelo menos 120 horas, conforme seus interesses e aptidões. São necessárias pelo menos 200 horas (56%) de atividades com aproveitamento neste eixo para obter o Certificado.

(iii) Atividades supervisionadas- São atividades desenvolvidas sob orientação de professores da UFRJ que colaboram com o curso, que vão desde a leitura e discussão sob a forma de seminários de textos bibliográficos recomendados, passando por trabalhos de final de curso até o desenvolvimento de um trabalho coletivo de toda a turma com vistas a uma atividade multiplicadora na escola-AME. Nesse eixo, devem ser cumpridas pelo menos 100 horas (28%).

Uma das ações propostas como Projeto multiplicador-AME da turma de concluintes de 1994 objetivava a interiorização da Informática Educativa para todos os Municípios do Estado do Rio de Janeiro; foi efetivamente adotada a partir de julho de 1995 pela UFRJ que, inicialmente, arcou sozinha com todos os custos do projeto. Infelizmente esse projeto foi interrompido por falta de recursos. Todas as informações relacionadas ao curso, incluindo os trabalhos de final de curso dos 44 professores concluintes em 1994, podem ser encontradas em uma publicação interna da UFRJ.

Referências

- “Integração da Informática às Práticas Pedagógicas”. Bruno Vitale. Conferência apresentada no Workshop Informática na Educação, SBPC, Rio de Janeiro, 1991.
- “Projeto EDUCOM”. Livro publicado pelo MEC/OEA em dois volumes: o primeiro aborda o histórico e o ideário do projeto, enquanto o segundo apresenta as realizações e os produtos. Organizadores: Pedro F. de Andrade e Maria Candida Moraes de Albuquerque Lima, 1993.
- “Informática Educativa no Brasil: um pouco de história”. M.C. Moraes. Tendências na Informática em Educação “em aberto”, publicação MEC, Ano XII, Nº 57, Jan/Mar 1993.
- Originalmente apresentado no Painel “O Perfil do Profissional em Informática na Educação”. M.F.Elia. XVI Congresso da SBC / II Workshop sobre Informática na Educação, Recife, 1996.
- “O computador no ensino de Ciências: disciplina curricular para licenciandos”. Comunicação de L.Barros, M.F.Elia e F.F.Sampaio. I Simpósio Nacional de Informática na Educação, COPPE/UFRJ, 1990.
- “Disciplina de Informática na Educação para Licenciaturas em Ciências. Comunicação de M.F.Elia e G.Hadju. VII Simpósio

Brasileiro de Informática na Educação, UFMG, Belo Horizonte, 1996.

Curso de Atualização em Informática na Educação para professores de 1^o, 2^o e de 3^o graus, com o apoio do PRONINFE/OEA. Publicação interna, UFRJ, 1992.

Curso de Especialização em Informática na Educação, 1993/1994. Publicação Interna, CIES/EDUCOM-SR.1/UFRJ, 1995.

INFOVIAS DE INFORMAÇÃO: NOVOS HORIZONTES PARA A FORMAÇÃO DO PROFESSOR

Mauro Cavalcante Pequeno
UFC/SECITECE

1. Introdução

A sociedade contemporânea, passa por uma revolução que é a interação generalizada em que não há mais informação em mão única, mas infovias que proporcionam um tráfego inimaginável de dados e conhecimentos.

Informação tornou-se apenas um dos elementos constitutivos do processo de formação interativo, enquanto formação passou ser a palavra-chave dessa nova sociedade.

Atualmente o computador é visto como uma ferramenta útil para a execução de trabalhos e armazenamento de informações. Porém, a necessidade cada vez maior de acesso a grandes bancos de informações tornou imperativo a implantação de canais de comunicações entre computadores, as redes de comunicação de dados.

A Comissão Especial Mista para Estudo do Desequilíbrio Econômico Inter-Regional Brasileiro e a Comissão Parlamentar Mista de Inquérito, que apurou as causas e as dimensões do atraso tecnológico brasileiro, levantaram, através de depoimentos e dados estatísticos, indicadores que apontam situações graves e o aumento acentuado dos desequilíbrios inter-regionais, com conclusões extremamente preocupantes nas áreas da capacitação profissional e da geração de emprego e renda.

Segundo os dados obtidos pelas referidas comissões, o Brasil ingressou na década de 90 com 35 milhões de brasileiros em condições de pobreza absoluta, um total de analfabetos da ordem de 30 milhões e cerca de 22 milhões fora do mercado de trabalho por absoluta desqualificação profissional. Esse quadro se agrava, sob o ponto de vista do desequilíbrio inter-regional, uma vez que 50% dessa massa vivem no Nordeste e 25% no Norte do País.

Diante dessa realidade, a grande preocupação de nosso Estado passa a ser:

“Como gerar trabalho num meio onde boa parte da população é analfabeta e desqualificada profissionalmente?”

Só existe uma solução para o problema: um maciço investimento no capital humano associada com uma profunda mudança estrutural no sistema educacional. Porém o que se constata é uma situação de ensino desastrosa, que torna-se catastrófica quando olhamos de perto a situação das escolas dos povoados do interior. Os professores com sua formação precária ganhando baixos salários. Apenas 20% dos professores da rede

pública primária são habilitados. A maioria permanece isolada na rotina e com sua vocação esgotada.

O analfabeto fora da escola, o analfabeto tecnológico dentro da escola, a escola fora da realidade atual, a universidade sem interagir com os problemas do meio, a empresa privada isolada dos problemas educacionais são verdadeiros desafios para qualquer governo que se propõe a promover uma revolução educacional, científica e tecnológica.

A sociedade atual não deixa mais dúvida sobre a importância da tecnologia. A imersão da tecnologia nos trabalhos é uma verdade incontestável como é o caso da imposição da competitividade, dos nítidos avanços conceituais, do processo produtivo e etc. Todas estas peculiaridades características do mercado impulsionam ainda mais a tecnologia da informática que se constitui em um ramo específico da tecnologia de produto.

Dentro deste novo referencial de trabalho podemos inferir que a exemplo do que afirma Schaff, cada vez mais a informática estará dentro da sociedade e interligada com todas as suas facetas de produção nas mais diversas ramificações de atuação. Sendo assim, é de extrema importância para a profissionalização a atuação através do computador, que por excelência será o instrumento do futuro. Esta afirmação não é romântica, já que o próprio Schaff, Tofler e muitos outros autores falam na Revolução da Informática ou na Terceira Onda (referindo-se ao computador) respectivamente.

Há consenso entre os educadores de que²

- o sistema educacional brasileiro deve preparar os alunos de hoje para serem cidadãos atuantes numa sociedade globalizada onde a informação desempenhará um papel cada vez mais estratégico;
- é dever da escola capacitar os seus egressos para o mundo do trabalho; e
- o ensino público precisa atingir níveis mais elevados de qualidade, equidade e eficiência.

Em decorrência da transição tecnológica que estamos vivendo outro fator se qualifica como primordial e detém características que afetam a necessidade de reciclagem pessoal para acompanhar as exigências técnicas e mercadológicas para operacionalização. A qualificação técnica torna-se também fundamental para a atuação do trabalhador e por isso vem a consolidar o investimento da SECITECE no treinamento de profissionais nestas áreas de atuação.

Segundo a professora Lea Fagundes: “a formação do professor precisa ser realizada sobre sua experiência de vida profissional para que ele possa conservar tudo o que lhe parece válido que ele já sabe fazer e passe a incorporar a inovação buscando transformar sua prática de modo significativo”. Assim um curso, realizado nos laboratórios do CFI - Centro

² Extraído do Programa nacional de Informática na Educação do MEC.

de Formação de Instrutores, precisa estender-se a uma prática na realidade de cada escola. Para tornar esse processo mais eficiente, é necessário a instalação de uma rede de comunicação que envolva cada uma das escolas que participarão deste programa inovador. A telemática, abrindo estradas para a informação, tem sido vista como a parte mais importante da infraestrutura necessária para a emergência de uma cultura de formação continuada.

Para todos esses objetivos, é essencial que a tecnologia seja parte integrante do currículo escolar, do ambiente físico das escolas e do processo de ensino-aprendizagem. Porém não adianta inserir novas ferramentas sem pessoas treinadas para usá-las. Dessa forma, um amplo programa de reciclagem de professores precisa-se ser implementado.

O Governo do Estado do Ceará através da Secretaria da Ciência e Tecnologia (SECITECE) e da Secretaria da Educação (SEDUC), com apoio da CAPES, através de seu programa PRO-CIÊNCIA, está promovendo a reciclagem de todos os professores do segundo grau nas áreas de Física, Química, Biologia e Matemática. Além de suas especialidades, os professores recebem cursos de informática com noções do uso da Internet, preparando-os para a realidade futura que se aproxima. Além disso, um programa de Educação a Distância em Ciência e Tecnologia, sob os auspícios do CNPq, está sendo implantado no Estado. Esse programa caracteriza-se por cursos onde o professor tomará contato com as possibilidades e procedimentos típicos da temática vinculada a informática educacional. Neste âmbito, o professor aprenderá conhecimentos relativos a operacionalização do microcomputador e de aplicativos diretamente orientados para a aplicação da informática educativa e do uso da Internet como uma fonte de conhecimento, constituindo-se num veículo importante que possibilitará a troca de experiências entre as escolas do Ceará, da Capital e do interior, com as do restante do país.

Estão sendo implantados, com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq, do Ministério da Educação e Cultura - MEC e Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, os chamados Centros Vocacionais Tecnológicos - CVT (40) e Centros de Ensino Tecnológicos - CENTEC (03), no interior do Estado e periferia de Fortaleza, direcionados para o ensino profissionalizante respaldado nas necessidades do Ceará em termos de serviços técnicos e processos produtivos. Os CVT terão atribuições semelhantes ao CFI no processo de reciclagem de professores, enquanto os CENTEC são voltados para a formação de tecnólogos de níveis médio e superior.

Para motivar o professor e derrubar a resistência que se insurgiria contra essa radical transformação na escola, o Governo do Estado do Ceará está implantando um programa que possibilita aos professores de Física, Química, Biologia e Matemática da rede pública de ensino de todo o Estado, através de convênio entre o Instituto do Software do Ceará, Banco do Estado do Ceará, Secretaria da Ciência e Tecnologia, Secretaria

da Fazenda e Secretaria da Educação, a compra subsidiada de computadores pessoais. Dessa forma, o professor pode adquirir seu computador pessoal, no prazo de 36 meses, com prestações fixas de R\$50,00. Isso corresponde a apenas 50% do valor do equipamento. Porém, para evitar que terceiros tirem proveito do programa utilizando o nome de algum professor, ficou estabelecido que o professor que deseje usufruir da aquisição subsidiada deverá atender ao pré requisito indispensável de participação nos cursos básicos de capacitação em DOS, Windwos, Word, Excell ministrados pelo Centro de Formação de Instrutores (CFI), com carga horária total de 60 horas aula.

Portanto, a formação de uma grande rede de comunicação interligando diversos setores, permitirá a transferência de conhecimentos tecnológicos do tipo educar trabalhando, trabalhar educando, enfim educar para o trabalho.

2. O Projeto das Infovias do Desenvolvimento

Hoje, tanto a administração pública quanto as universidades buscam alternativas para melhorar a educação no país, sabidamente a forma de vencer a distância entre a discordância entre os avanços tecnológicos e as iniquidades sociais. É consenso que entre as principais causas da baixa qualidade do nosso sistema educacional estão a formação deficiente do professor e a baixa motivação do aluno.

Daí ser necessária a implantação de um programa educacional capaz de propiciar ganho não apenas em termos de dimensões geográficas mas também de quantidade e velocidade de aprendizagem, sem comprometer a qualidade. A técnica, portanto, a ser utilizada para atingir esses objetivos é a de “Educação à Distância” interativa, que permite minimizar a dificuldade em termos de recursos humanos e manter certo grau de qualidade e atratividade graças à interatividade.

Para a implantação de um programa de EAD destinado a esse público alvo e explorando os avanços tecnológicos recentes em computação e comunicação há necessidade de implantação das chamadas “Infovias do Desenvolvimento”, seguindo um ordenamento estratégico; de treinamento de pessoal nas novas tecnologias e na didática introduzida com o instrumental informático; e de criação de novas propostas educacionais adaptadas à nova realidade do mundo da educação, de trabalho, da economia, etc.

A efetivação de um projeto dessa envergadura exige, portanto, pessoal qualificado e dedicado. Sendo assim, visando otimizar recursos, fomentar a eficiência e atingir o maior número possível de alunos, optou-se pela técnica de “Educação à Distância”, nos moldes da metodologia já consagrada de Teleeducação utilizada para ensino de 1º grau.

O Tele-ensino foi introduzido no Ceará na década de 70 com fundação da TV Educativa, tendo sido voltado desde o início para o ensino regular de 5ª a 8ª série. A metodologia adotada, única no país, tem

permitido ao Estado do Ceará o atendimento de pelo menos 52% da matrícula nestas séries, o que corresponde a aproximadamente 192 mil alunos, assistidos por 6.500 orientadores de aprendizagem em 1.630 escolas da rede pública oficial. Para a viabilização desta metodologia foi montada, ao longo do tempo, uma estrutura de pessoal e equipamento para a produção das teleaulas e de todo o material institucional para professores e material de ensino e aprendizagem para os alunos.

Com a modernização dos meios de comunicação, principalmente após os processos informatizados de transmissão e produção, e a massificação do uso de televisores, videocassetes, telefone e, mais recentemente, das redes de computadores, tem havido uma pressão muito grande no sentido de que processos interativos sejam introduzidos na programação diária do Tele-ensino cearense.

As recentes iniciativas e a própria reformulação de todas as teleaulas tem criado um espaço propício para o investimento em programas de treinamento utilizando a metodologia de ensino a distância, em especial as "Videoconferências" e o "correio eletrônico", que permitiriam o pronto atendimento à demanda crescente de capacitação de professores do ensino convencional e do Tele-ensino bem como o atendimento aos alunos destes dois sistemas de ensino, dada a carência de profissionais habilitados no interior cearense.

A Secretaria de Educação do Estado do Ceará, está reestruturando os seus organismos regionais de educação para que se ampliem as suas funções pedagógicas e educacionais. Esta política é marcada pela descentralização administrativa e pedagógica, que tem como estratégia a municipalização do ensino fundamental e a implantação de um sistema de acompanhamento à rede escolar oficial nos aspectos de gestão, ensino e inspeção.

A implantação de uma rede que possibilite a criação de um sistema estadual de educação, portanto, permitirá a democratização do acesso a informações oriundas de programas gerados na sede da SEDUC, garantindo a simultaneidade, a qualidade e a interatividade destes eventos, bem como a rápida socialização de documentos e processamento de dados gerências da rede oficial de ensino.

Nas regiões subdesenvolvidas, como é o Ceará, torna-se imperativo, para que se dê um salto de qualidade na educação, a promoção efetiva da massificação do ensino com qualidade e o encurtamento das distâncias entre os centros de conhecimentos e os alunos e professores.

A infraestrutura que propiciará a implantação da Rede Estadual, também chamada **Infovias do Desenvolvimento**, é uma dos projetos prioritários da SECITECE. Como essa rede pretende-se uma interiorização da tecnologia de comunicação de dados, constituindo-se num veículo que propicie a melhor formação do homem do interior, com um maior acesso aos grandes bancos de informação por parte das comunidades do interior, e uma maior divulgação dos trabalhos desenvolvidos por estas comunidades, contribuindo assim para o combate

ao desnível existente entre o homem do campo e o dos grandes centros, mais ricos de informação.

De imediato as Infovias do Desenvolvimento propiciarão a implantação de um programa de Educação a Distância (EAD) para melhoria do ensino fundamental e profissional, preparando o professor para vivenciar a experiência de mudanças no ensino que ele irá proporcionar a seus alunos.

As Infovias desempenharão papel fundamental também na área da saúde. Com a descentralização dos serviços públicos ocorrida nos últimos anos no país, e, em especial no Ceará, onde o gerenciamento está atualmente sob a responsabilidade dos governos municipais na grande maioria dos municípios. Os programas coordenados pela Secretaria de Saúde (Agentes de Saúde e Saúde da Família) têm aberto o mercado de trabalho para novos profissionais de saúde no interior apesar de ainda termos uma forte concentração destes na região metropolitana. O principal ressentimento e causa de evasão destes profissionais do interior é justamente a falta de treinamentos continuados que possibilitem uma atualização profissional para o melhor desempenho técnico junto a população. Sabidamente um dos maiores estímulos para o nosso pessoal de saúde, e principalmente aqueles localizados no interior, é a oferta de possibilidade de contato com aqueles que encontram-se de forma privilegiada mais perto da informação. Neste sentido um projeto que venha favorecê-los a desfrutar da mais avançada tecnologia de comunicação constitui-se numa verdadeira democratização do conhecimento e numa política de desconcentração do poder.

3. Metodologia

O projeto Infovias do Desenvolvimento, compreendendo uma Rede de Dados e uma de Videoconferência, pretende promover a interligação entre as diversas instituições da Capital e do Interior, e delas com o mundo através da Internet, constituindo-se numa importante alavanca para o desenvolvimento. A implantação das Infovias permitirá a consecução de diversos programas em diferentes áreas, que propiciarão o desenvolvimento do Estado e uma conseqüente melhora de vida da população. Pode-se citar como uso imediato das Infovias, a utilização nos programas de Educação à Distância Interativo, nos programas de Saúde sob gestão da Escola de Saúde Pública do Estado do Ceará, e nos programas de melhoria no sistema de acompanhamento pedagógicos da Secretária de Educação do Estado.

O objetivo maior do projeto de levar o benefício da informação a todos os recantos do Estado será conseguido, partindo-se do pressuposto que cada um dos pontos interligados pelo projeto na verdade funcionarão como ponto de acesso à rede, permitindo o acesso indireto de outras localidades que não estão diretamente ligadas à rede. Isso se dará por está previsto a instalação de equipamentos com este fim em cada um dos

pontos, permitindo o acesso discado através de linhas telefônicas domésticas.

Com respeito à Rede de Dados, em primeiro lugar será construído o trecho da Capital e em seguida o do Interior, de acordo com o cronograma proposto.

O segmento da Capital será implementado em primeiro lugar por diversas razões, entre elas:

- facilidade de instalação dos meios físicos (linhas de transmissão).
- a maioria das instituições já dispõem de equipamentos de rede (fornecidos pelo CENAPAD).
- as “cabeças” das Infovias estarem localizadas na Capital.

Dessa forma, as instituições da Capital serão conectadas utilizando linhas privadas de dados (LPCD) em altas velocidades: alguns trechos em 2 Mbps e outros à 64 Kbps, dependendo da demanda estipulada.

Enquanto o trecho do interior utilizará o serviço de redes de pacotes da Teleceará (CEARAPAC), pela relação custo/benefício que esta propicia em relação a outros meios de transmissão para esse caso.

A Rede de Videoconferência a ser implantado, no Estado do Ceará representará o casamento entre dois paradigmas fundamentais, o da **Transmissão** e o da **Interatividade** entre os agentes envolvidos.

A Transmissão basicamente estará sob responsabilidade da FUNTELC. O projeto prevê a montagem na FUNTELC de uma *telesala* para videoconferência e aquisição de equipamentos para montagem de uma unidade móvel de transmissão, permitindo a geração de imagens de lugares externos à TVC.

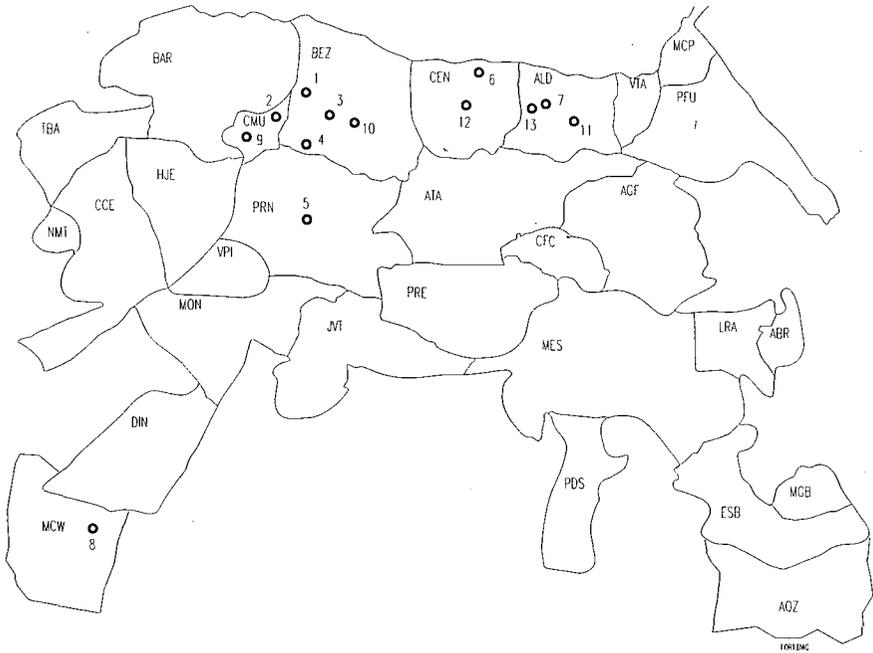
Para videoconferência será utilizada a telesala mencionada acima. A referida telesala trata-se de uma sala especial equipada com um “Terminal de Videoconferência”, com câmeras, microfone e monitor de vídeo. Quando em operação, entrará em sintonia com o equipamento colocada em cada um dos pontos em videoconferência, de modo que o professor ao mesmo tempo que é visto pelos alunos nas diversas localidades possa visualizá-los, sempre que solicitado. Se um determinado aluno quiser se dirigir ao professor, ele pressiona um botão que acionará uma luz indicativa na sala de controle da FUNTELC, permitindo identificar de onde está vindo a solicitação. O controle de transmissão passa o local do solicitante, de modo que o professor passa a ver em seu monitor quem o está arguindo, possibilitando ao aluno ter uma resposta direta. Tanto a pergunta como a resposta será acompanhada por todos os outros alunos nos outros diversas, aumentando o dinamismo da teleaula.

A Rede de Videoconferência, por se tratar de uma tecnologia nova ainda em consolidação, será implementada em duas etapas. Em primeiro lugar, a título de experimentação, serão instalados três pontos no interior. De acordo com os resultados obtidos, os demais pontos vão sendo instalados. A tecnologia proposta de utilizar o sistema de transmissão/recepção via satélite pode ser revista.

4. Topologia da Rede de Dados

A Rede de Dados está dividida em dois segmentos, o da Capital e o do Interior. As velocidades das conexões propostas utilizou como critérios a demanda e a disponibilidade dos meios de comunicação, fator limitante sobretudo para algumas cidades do interior. Este fato deverá ser revisto com os novos investimentos que a TELECEARÁ pretende fazer nos próximos anos, e de acordo com o aumento constatado da demanda.

4.1 Infovias do Desenvolvimento - Capital

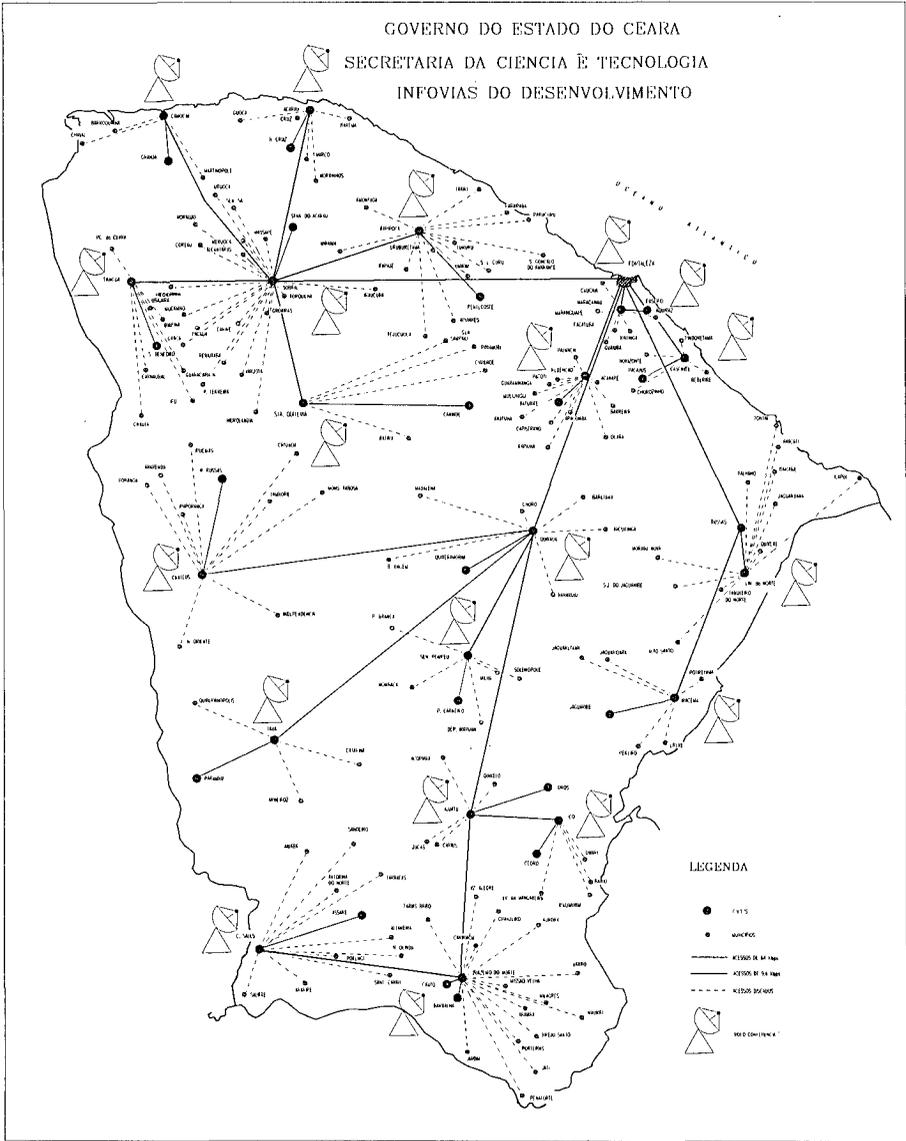


Legenda:

- 1 FUNCEME
- 2 UFC - Campus do Pici
- 3 UFC - Campus do Benfica

- 4 UFC - Campus de Porangabussu
- 5 UECE - Campus do Itaperi
- 6 EMBRAPA
- 7 EPACE (Aldeota)
- 8 EPACE (Maracanaú)
- 9 NUTEC
- 10 ETFCE - Escola Técnica Federal do Ceará
- 11 SECITECE/FUNCAP
- 12 SECITECE/CFI
- 13 ESP - Escola de Saúde Pública

4.2 Infovias do Desenvolvimento -Interior



4.2.1 Acesso Discado

As cidades que não estão diretamente ligadas à rede principal, poderão ter acesso à rede utilizando linhas telefônicas comuns, isto é, poderão discar para um dos telefones disponíveis no ponto mais próximo de sua localidade. Para tanto, cada um dos ponto de presença da rede estadual oferecerá os serviços SLIP e PPP, disponibilizando 5 linhas em busca automática.

Em Fortaleza dois dos Centros de Apoio Pedagógicos, o do CFI e o da Escola de Saúde Pública também disponibilizarão o acesso discado, através de dez linhas telefônicas. O Centro da FUNTELC utilizará as dez linhas para promover o atendimento dos alunos, respondendo as questões relativas ao Tele-ensino.

4.3. Topologia da Rede de Videoconferência

A Rede de Videoconferência será composta de uma sala especial (mãe), onde as conferências serão proferidas, e salas de recepção (filhas). A sala mãe deverá ser instalada na FUNTELC, enquanto que as salas filhas estarão em locais no interior do estado a serem definidos.

O projeto prevê a facilidade de se gerar as conferências tanto na sala mãe, como em qualquer uma das filhas. O termo mãe se aplica pelo fato dela ser a geradora da maioria das conferências, estando portanto melhor aparelhada para essa tarefa.

A transmissão e a recepção se dará via satélite, utilizando a tecnologia de VSAT.

5. Projetos Complementares

Enquadrado nas estratégias definidas nos planos de Ação da Secretaria da Ciência e Tecnologia, e com a finalidade de estimular e difundir o uso das novas tecnologias no ensino, a SECITECE elabora e coordena diversos projetos e convênios para melhor captar os recursos para o desenvolvimento do Estado. Assim, a SECITECE desenvolve os seguintes Programas e Projetos:

5.1 Programa de Capacitação de Recursos Humanos

- Centro de Formação de Instrutores - CFI
- Centros Vocacionais Tecnológicos - CVT
- Centros de Ensino Tecnológico - CENTEC
- Apoio aos Recursos Humanos do Programa de Desenvolvimento Tecnológico da SECITECE - RHAÉ
- Programa de Melhoria do Ensino de Ciências e Matemática - PRO-CIÊNCIAS
- Programa de parceria SINE

- Centros Vocacionais Tecnológicos e Pedagógicos - CVTP

5.2 Capacitação Laboratorial e Redes Eletrônicas de Informação

- Videotecas Tecnológicas
- Complementação da Infra-Estrutura Laboratorial
- Instalação e Manutenção de um BBS de Ciência e Tecnologia
- Banco de Dados da Agricultura Irrigada
- Banco de Dados em Rochas Ornamentais
- Indicadores de C&T
- Reestruturação do Sistema Estadual de Informação em Ciência e Tecnologia - SEICT
- Consolidação do Núcleo de Informação da Secretaria da Ciência e Tecnologia
- Infovias do Desenvolvimento - Tecnologias da Informação

5.3 Programa de Extensão Tecnológica

- Programa de Difusão Tecnológica - PRODITEC

5.4 Programa dos Centros de Excelência

- Apoio ao Centro Nacional de Processamento de Alto Desempenho do CENAPAD/NE
- Apoio ao Instituto do Software - INSOFT

A FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS PARA OS TEMPOS ATUAIS

Antônio Cláudio Gómez de Sousa (*ac@del.ufrj.br*)
Escola de Engenharia - UFRJ

1. Introdução

A formação de engenheiros necessita ser constantemente revista como consequência da evolução da sociedade e da tecnologia, que coloca problemas novos e cada vez mais complexos. Durante algum tempo considerava-se que bastava desenvolver a tecnologia e utilizá-la, para estarmos ajudando ao progresso da humanidade. Essa visão simplista e “neutra” não é mais aceita. Desenvolvemos uma enorme capacidade de transformação sobre a natureza, de tal sorte que podemos ao lado de grandes melhorias, provocar verdadeiras catástrofes. Além disso os resultados sociais de nossas atividades como engenheiros também tem sido negativos em muitos casos, o que nos obriga a discutir dentro da Engenharia os impactos sociais e ecológicos de nosso trabalho. Assim devemos buscar quais características dos tempos atuais devemos discutir para orientar nosso trabalho de formação de engenheiros, para que o trabalho dos mesmos atinja seus objetivos: melhorar as condições de vida da população, pela utilização adequada dos recursos naturais.

2. A Obsolescência e a Quantidade dos Conhecimentos Tecnológicos.

O vertiginoso desenvolvimento da tecnologia faz com que os conhecimentos sejam rapidamente tornados obsoletos. Hoje o projeto de um produto tem uma vida máxima de cinco anos, e muitas técnicas de produção ou organização da produção não duram nem isso. Considerando-se que a formação de um engenheiro demora cinco anos e que o currículo deve permanecer estável durante este tempo, formá-lo atualizado e capaz de acompanhar o desenvolvimento tecnológico tornou-se um desafio.

Ao examinar a obsolescência dos conhecimentos, podemos verificar que os conhecimentos técnicos são os que rapidamente ficam obsoletos. Em geral os conhecimentos das ciências básicas são permanentes, e são a base do conhecimento tecnológico. Assim para formar um engenheiro atualizado durante o curso e sua vida profissional, devemos dar ênfase á formação em ciências básicas.

Esta condição é necessária mas não é suficiente. É fundamental também que o engenheiro seja formado com a habilidade de buscar o conhecimento e a atualização. Para isso ele deve, enquanto estudante, ter essa habilidade exercitada, o que implica em estimulá-lo a trabalhar e a estudar de forma independente. Nesse sentido o professor deve orientar e estimular o estudante a ser o sujeito no processo de aprendizado, a realizar trabalhos individuais e em grupo, e a utilizar os espaços fora da

sala de aula, como as bibliotecas e laboratórios, além do estudo individual.

A cada quinze anos dobra a quantidade de informações científicas e tecnológicas publicadas, aumentando significativamente a quantidade de conhecimentos postos à disposição dos engenheiros nos tempos atuais. Em geral esse processo leva a aumentar em cada reforma curricular a quantidade de conhecimentos transmitidos, eliminando o tempo para as atividades extra-curriculares, em contradição com o que foi recém colocado. Para que não se incorra no erro de aumentar demais o currículo, deve-se antes de discutir os conteúdos curriculares estabelecer os limites mínimos e máximos de carga horária. O CFE estabeleceu para a Engenharia uma carga mínima de 3600 horas. Considerando-se um currículo em dez semestres, e o padrão de quinze semanas de aula por semestre, teremos uma carga horária mínima de 24 (vinte e quatro) horas por semana, incluindo todas as atividades didáticas curriculares. Para a reforma de 1989 no currículo da Escola de Engenharia da UFRJ foi proposta uma faixa de 24 a 28 horas de aulas semanais, com o máximo de 20 (vinte) horas semanais para as aulas teóricas [SOUS88]. Os cursos que completaram suas reformas dentro deste padrão tiveram resultados positivos, e não houve reclamações posteriores quanto à diminuição da carga horária.

3. Engenheiro Especialista ou Generalista.

A Engenharia evoluiu com a tecnologia, e na medida em que novas áreas exigiam uma formação diferenciada, foram surgindo novas habilitações e especializações. Com o dinamismo atual da tecnologia, não podemos continuar a evoluir da mesma forma. Apesar de ser adequado em determinados momentos até criar novas habilitações ou reformar as tradicionais, não é possível estar constantemente alterando a estrutura dos cursos e da Engenharia, sob pena de perdermos as referências e perder muito tempo em constantes reformulações. Para responder adequadamente a esse processo podemos formar um engenheiro mais generalista, com forte formação básica, e com áreas curriculares interdisciplinares que permitam formar engenheiros para as novas áreas, que não se enquadrem na habilitações tradicionais. Com áreas interdisciplinares baseadas em disciplinas eletivas não só poderemos formar uma variedade de profissionais respeitando a evolução da tecnologia e as vocações individuais, como estaremos facilitando a migração de profissionais de áreas de atuação, um fenômeno hoje muito corrente na Engenharia. Mais ainda, a evolução de disciplinas eletivas é muito mais fácil de ser realizada por não implicar em reformas curriculares profundas, o que facilita a atualização permanente dos cursos.

Outra maneira de enfrentar a enorme quantidade de conhecimentos referida na seção 2 é permitir a especialização precoce.

Esta solução deve ser evitada, pois dificultará em muito a evolução dos profissionais, pelo estreitamento de sua perspectiva. Quanto mais básica e abrangente for a formação dos engenheiros, mais fácil será sua evolução futura, pois em geral a evolução da tecnologia não respeita fronteiras, e exige que um engenheiro trabalhe com elementos que não são necessariamente de sua habilitação ou especialização. A computação é um exemplo bem atual deste tipo de problema. Todo engenheiro tem de trabalhar com ela, independente de sua habilitação.

4. A Adequação ao Mercado de Trabalho.

Em geral uma questão sempre colocada nas discussões curriculares é a adequação dos cursos ao mercado de trabalho. Propomos que os currículos de Engenharia **não sejam adequados ao mercado de trabalho**. Pode parecer um absurdo esta colocação, mas parece-nos perfeitamente defensável.

O trabalho do engenheiro, como todo trabalho, está submetido à divisão internacional do trabalho, que estabelece mercados de trabalho bem definidos. Temos nos tempos atuais uma separação cada vez maior entre os países ricos e pobres, que a política da chamada “globalização” tende a agravar. De um lado temos os países ricos, detentores das tecnologias de ponta e do conhecimento tecnológico mais sofisticado, e que dominam a área de concepção de produtos e processos na Engenharia, assim como a produção de tecnologia e de ferramentas para a Engenharia. Predomina nesses países uma população universitária e altamente qualificada, e percebemos uma tentativa de reencontro das sociedades desses países com a natureza, no sentido de sua preservação e recuperação.

Do outro lado temos os países pobres, exportadores de matérias primas, participando de etapas do processo de produção de produtos de alta tecnologia em papéis definidos a partir dos países ricos, com uma população onde predominam os analfabetos ou com pouca instrução, dado o mercado de trabalho típico desses países, importadores de produtos com alta tecnologia, e com uma produção não só descuidada na relação com a natureza, mas predatória, inclusive pelo deslocamento para os países pobres das empresas mais poluentes e destruidoras do meio ambiente, como é o caso da indústria de celulose.

Diante desse quadro se no Brasil estivermos preparando nossos engenheiros para o mercado, estaremos fortalecendo esse modelo altamente nefasto e destruidor. Não podemos abdicar do domínio tecnológico, e apesar de não termos uma produção que exija um trabalho de concepção por parte de nossos engenheiros, temos de formá-los também para essas tarefas. Sob o ponto de vista individual isto pode parecer negativo, pois estaremos formando engenheiros aptos a desenvolver produtos, processos e tecnologias, sem um mercado adequado, mas sob o ponto de vista de país isto é necessário, pois

estaremos contribuindo com uma massa crítica que aponta na direção da produção de tecnologia. No caso da opção dirigida ao mercado, estaríamos preparando na maior parte apenas engenheiros de manutenção ou de organização de processos de fabricação não dominados aqui.

Essa opção pelo mercado de trabalho que consideramos adequado reforça a formação básica dos engenheiros em ciência básica, condição para a pesquisa tecnológica e para um trabalho na área de concepção de produtos e processos.

5. Pesquisa Científica e Pesquisa Tecnológica: Engenheirar é Preciso.

Há áreas na Engenharia atual onde não estão mais claras as fronteiras entre a pesquisa científica e a pesquisa tecnológica. A Engenharia de Materiais é uma dessas áreas. Neste caso o engenheiro trabalha junto com o cientista, ou como cientista, e pode haver uma passagem muito rápida do conhecimento científico para a aplicação tecnológica. A forte formação em ciência básica acima apontada favorecerá o trabalho do engenheiro nessas áreas, o que parece ser uma tendência muito forte na Engenharia.

Além disso há uma mudança no tipo de trabalho desenvolvido pela maioria dos engenheiros. No início deste século a indústria de transformação nos Estados Unidos empregava nove pessoas que trabalhavam diretamente com a matéria (manualmente ou através de máquinas), para cada pessoa que trabalhava na informação (análise, concepção, projeto, planejamento, controle, incluindo engenheiros e pessoal de apoio). Na década de 50 essa relação havia caído para cinco para um, e no início do próximo século ela estará invertida, com nove pessoas trabalhando na informação para cada pessoa trabalhando efetivamente com a matéria. Essa alteração está trazendo um forte impacto sobre o trabalho do engenheiro, transformando-o cada vez mais em um trabalho conceitual. Como consequência está mudando também a formação do engenheiro, que hoje necessita de um ferramental formal e conceitual mais poderoso.

Paralelamente a esses processos, há um outro em curso. A maior pesquisa tecnológica no Brasil é realizada nas universidades e centros de pesquisas públicos, e os pesquisadores dessas instituições são submetidos a processos de avaliação baseados fundamentalmente em produção científica. Como há uma dificuldade para manter as pesquisas que necessitam laboratórios específicos, está havendo uma migração dos pesquisadores para áreas conceituais. Como exemplo, recentemente foi destruído no CT da UFRJ o laboratório de circuitos impressos, pela falta de uso para o mesmo, isto é, trabalha-se nessa área hoje mais em simulações e modelamentos do que em artefatos.

Estes processos são coincidentes, o que pode ser considerado positivo. Há no entanto um aspecto que necessitamos levar seriamente em conta. A pesquisa científica e inovadora é bem vinda, mas só ela não é

suficiente. Se só participarmos dessa pesquisa estaremos contribuindo para o progresso geral da humanidade, o que é bom, mas se não fizermos pesquisa tecnológica, estaremos permitindo que apenas os países ricos continuem se apropriando do conhecimento científico e transformando-o em insumo de produção na forma de conhecimento tecnológico, e agravando mais ainda a divisão internacional entre incluídos e excluídos, como antes já referimos. Assim é necessário discutir um esforço no sentido de desenvolver pesquisa tecnológica, principalmente nos métodos e processos de produção e fabricação.

Certamente este não é um caminho fácil, mas devemos cuidar a formação de nossos engenheiros de modo a ensiná-los a “engenheirar”, isto é, a resolver problemas, a planejar, a estimar, a gerenciar, a conceber processos e produtos, a aplicar os conhecimentos científicos na produção de novos artefatos ou sistemas, e a compreender o trabalho do engenheiro e seu contexto social.

6. Formação Humanística e Ecológica.

Na introdução já foi referido um aspecto importante: hoje temos uma capacidade transformadora jamais sonhada. Assim necessitamos discutir criticamente a Engenharia e seus impactos sobre a sociedade e a natureza. Seguramente temos os conhecimentos para resolver a maior parte dos problemas que afligem a humanidade. Quando não o fazemos não é por problemas técnicos, mas pela maneira de como a técnica é utilizada. A Engenharia é a utilização adequada dos recursos naturais para melhorar as condições de vida das populações. Quando ela é usada para outros fins ou apenas em função do lucro, pode passar a ser altamente destruidora. Como exemplo, basta ver a degradação da qualidade de vida nas grandes cidades.

Para atender este aspecto em geral são previstas no currículo algumas disciplinas de humanidades, que no entanto pouco tem contribuído para a visão crítica necessária ao engenheiro. Em geral elas são poucas e vistas como um “verniz cultural” que todo Engenheiro deve ter. Nesse sentido o conteúdo não é importante, e pode ser História, Música ou qualquer outro conhecimento humanístico. Não está em discussão uma valoração entre esses conhecimentos, inclusive são importantes, mas não atendem ao que estamos discutindo.

Em segundo lugar estas disciplinas não tem o mesmo prestígio das demais pelo fato da própria instituição não prestigiar a área. As Escolas de Engenharia tem uma participação muito pequena nas discussões relativas à Engenharia Nacional, e por não darem relevo a essa discussão, torna-se difícil valorizar esse tema no currículo, permanecendo sempre como uma área acessória, que permanece nos currículos mais para demonstrar que nos preocupamos com o assunto do que por seus resultados. Enquanto esta situação não se reverter, as humanidades ou a ecologia no currículo continuarão sendo secundários.

Esta situação poderia ser um pouco minorada, se a Universidade funcionasse integrada, o que permitiria que cada área pesasse e atuasse sobre as demais. No caso da UFRJ, por exemplo, o Instituto de Filosofia e Ciências Sociais está situado no centro da cidade, separado de todas as demais unidades, o que obviamente dificulta uma integração na formação dos alunos de Engenharia., e não há um planejamento de atividades visando a integração dessas instituições.

Para resolver essas falhas devemos continuar insistindo nas disciplinas de humanidades e ecologia com uma carga substancial no currículo, e lecionadas de preferência pelos profissionais da área, num esforço de integração, mas junto com isto devemos incentivar a discussão dos rumos da Engenharia no Brasil e seus desafios sob o ponto de vista social e ecológico.

Mas parece-me que é necessário fazer mais ainda. O currículo de Engenharia, assim como de todas as carreiras, é separado em disciplinas, cada qual com uma certa homogeneidade. As vantagens para essa organização são claras, e não vamos tratá-las aqui. No entanto parece-me que dado a importância dos problemas acima colocados, devemos rever um pouco essa organização, de forma a interessar todas as disciplinas, e seus respectivos professores, sobre os problemas da engenharia nacional. Certamente não é uma tarefa simples, os próprios livros texto são feitos dentro de perspectivas de áreas estanques, mas um esforço deve ser realizado nesse sentido, junto com as demais propostas acima, para que também ao nível de cada disciplina seja discutida a Engenharia nacional, ou aspectos da relação do engenheiro com a sociedade e a natureza.

Em recente reforma, a Carnegie Mellon University começou por definir uma fatia de 25% da carga curricular por semestre, para o que eles denominaram “humanidades e ciências sociais” [CHRI92].

7. Básico X Profissional

Todo engenheiro deve ter uma formação comum em Ciência Básica. Há total concordância com essa afirmação, no entanto como deve ser organizada essa formação é um outro assunto que certamente pode ter muitas escolhas. A criação do ciclo básico como responsável pelo ensino do que seria essa formação comum e básica foi importante num momento por obrigar a um mínimo de Ciência Básica, e por permitir a integração de outras áreas, responsáveis por disciplinas no ciclo básico, com a Engenharia. No entanto já temos uma integração suficiente, que não tínhamos alguns anos atrás, que nos permite revisar o assunto e discutir alguns problemas. O fato de dividirmos administrativamente e abruptamente o currículo da Engenharia no ciclo básico, responsável pela Ciência Básica, e no ciclo profissional, responsável pelo conhecimento profissional do engenheiro, dividiu fortemente a formação dos engenheiros nessas áreas, e hoje é um entrave a uma maior integração dos professores engenheiros com os professores das demais áreas, e a

uma integração na cabeça dos alunos da Engenharia com a Ciência Básica. Terminado o ciclo básico, o aluno passa então a “ver a Engenharia”. Não só isso, mas os alunos perderam uma visão vertical do curso. Há alguns anos ao entrar na Escola de Engenharia o aluno não só começava a ter algum contato com a área profissional, como passava a usar alguns símbolos do engenheiro, como era o caso da régua de cálculo e do material de desenho. Hoje os alunos de Engenharia não tem mais esses símbolos, e enfrentam essa forte divisão no currículo.

Na Escola de Engenharia da UFSC começou a ser lecionada em 1982 a disciplina “Introdução à Engenharia” exatamente como uma resposta a esses problemas, e visando motivar os alunos para o estudo [Bazzo96]. Muitas escolas seguiram esse exemplo, e os resultados foram muito interessantes, mas considero que devemos rediscutir o assunto, a partir de algumas premissas. A primeira é que as áreas de Ciência Básica e outras ciências devem ser lecionadas pelos profissionais das áreas. Assim a Física deve ser ensinada pelos físicos. A segunda é que deve haver um núcleo de Ciência Básica para todo engenheiro, de preferência bem homogêneo para todas as engenharias. Mas não deve ser necessário englobar toda essa área comum num ciclo básico inicial e estanque, ela pode ser mais distribuída ao longo do currículo, inclusive com o oferecimento de algumas disciplinas a mais que hoje em caráter obrigatório ou eletivo. Essa distribuição permitirá incluir na formação inicial dos engenheiros alguns aspectos profissionais, e misturar mais a Ciência e a Tecnologia. Essa proposta não implica em que seja necessário separar as várias habilitações desde o primeiro período, inclusive não vamos entrar no mérito desta discussão, mas apenas em repensar a apresentação da Ciência Básica.

Pode-se alegar que o que é lecionado hoje no Ciclo Básico é o conhecimento inicial necessário ao engenheiro. Até certo ponto é verdade, e sempre nos períodos iniciais de qualquer curso de Engenharia teremos os conhecimentos de Matemática, Física, Química, Ecologia e Humanidades, porém não é possível continuar com a rigidez atual, inclusive que impede que se pense em cursos profissionais lecionados por físicos, por esta ser uma área de propriedade dos engenheiros segundo a divisão atual dos currículos.

8. A Física na Formação de Engenheiros para os Tempos Atuais.

Os pontos acima discutidos foram importantes, porque a partir deles, a partir do perfil do engenheiro que queremos formar para os tempos atuais, podemos discutir agora o papel da Física. Do que foi dito fica claro que a Física joga um papel fundamental na formação dos engenheiros, pois ela é um dos alicerces da Ciência Básica da Engenharia. Além disso a Física, por suas aplicações dirigidas à paz e à guerra, tem uma tradição de discussão dos seus efeitos muito interessante, que pode ser aplicada integralmente no caso da formação de

engenheiros. Seguramente é nas disciplinas de Física que será mais fácil introduzir uma visão crítica sobre a utilização dos resultados da Ciência e da Tecnologia.

No ensino de Física deve-se também procurar desenvolver nos engenheiros a habilidade de buscar o conhecimento multidisciplinar e de se manter atualizado. Neste sentido, seu ensino deve exigir dos alunos trabalhos individuais ou em grupo, para habituá-los a terem um comportamento ativo e criativo. A resolução de problemas teóricos e práticos na Física pode permitir também discutir como se identifica um problema real, como se representa simbolicamente ou não um problema, como se planeja sua solução, como se identifica suas soluções, como se modela um sistema e uma série de outros conceitos que são utilizados tanto na resolução de problemas teóricos como práticos. Para atingir estes pontos no entanto devemos terminar a separação que ainda existem em algumas universidades, como é o caso da UFRJ, entre o ensino teórico e prático na Física. É necessária uma maior integração, que permita entendê-los como momentos distintos do mesmo processo de trabalho.

Uma das grandes dificuldades na formação do engenheiro é desenvolver sua capacidade de passar com facilidade de um problema real para uma modelagem conceitual e vice versa. A Física trabalha constantemente com esse processo, e seu ensino utilizando um bom ferramental matemático de modelagem e com aplicações a problemas práticos, pode ser muito útil. Além disso através do desenvolvimento de algumas aplicações pode-se discutir os limites dos modelos. Muitas vezes nossos estudantes aprendem como modelar, mas não desenvolvem a sensibilidade para reconhecer os limites dos modelos, o que pode levar a conclusões equivocadas. Como exemplo pode-se tomar o conceito de algarismo significativo, um aspecto dos modelos e medidas. Todo engenheiro deveria dominar perfeitamente esse conceito, mas é comum encontrarmos resultados expressos de forma inadequada, aparentando uma precisão que não tem. A Física em suas atividades teóricas e experimentais pode perfeitamente educar o engenheiro no uso adequado dos algarismos significativos.

9. Conclusões

Procuramos colocar aqui um conjunto de preocupações que tem estado presente nas discussões sobre o ensino da Engenharia para os tempos atuais, particularizando as mesmas para o ensino da Física. Essas preocupações estão presentes em muitos estudos correlatos, como o demonstra o trabalho "Made in America" [DERT92] organizado pelo MIT com recomendações para mudanças nas universidades, do qual apresentamos dois trechos retirados com tradução livre:

Criar um novo conjunto de estudantes e profissionais caracterizados por:

- Interesse e conhecimento sobre problemas reais e seu contexto social, econômico e político;
- Habilidade em funcionar efetivamente como membro de uma equipe criando novos produtos, processos e sistemas;
- Habilidade em operar efetivamente além dos limites de uma área disciplinar;
- Integrar um profundo conhecimento de Ciência e Tecnologia com conhecimentos práticos e habilidades e critérios para trabalhos experimentais.

Mais à frente o mesmo documento propõe que o futuro graduado pela Escola de Engenharia do MIT, preocupação central do documento, deva:

- Ter adquirido um firme embasamento na Ciência base de seu campo técnico;
- Ter começado a adquirir um conhecimento da tecnologia corrente em sua área de interesse;
- Ter começado a entender a natureza diversa e histórica das sociedades humanas, assim com suas literaturas, filosofias e tradições artísticas;
- Ter adquirido a habilidade e motivação para uma educação continuada;
- Tenha tido a oportunidade de exercitar sua engenhosidade e criatividade em um projeto de pesquisa;
- Tenha tido a oportunidade de realizar uma síntese no “design” de um projeto;
- Tenha desenvolvido habilidades orais e escritas de comunicação;
- Tenha começado a entender e respeitar o ambiente econômico, político e social que abrange todo desenvolvimento tecnológico.

São objetivos vastos, mas são importantes no sentido de orientar nossas discussões, e a Física e seu ensino podem ter um papel proeminente para que possamos passar do desejo para a realização.

Bibliografia

- [BAZZ96] - BAZZO, WALTER A., PEREIRA, LUIZ T. V., **‘Introdução à Engenharia’**, 4a. edição, editora UFCS, Florianópolis 1996.
- [BAZZ96] - BAZZO, WALTER A., PEREIRA, LUIZ T. V., “Introdução à Engenharia, a Construção de uma Prática de Ensino”, *Revista de Ensino de Engenharia*, Abenge, Dezembro 1996.
- [CHR92] - CHRISTIANSEN, DONALD, “New Curricula”, *IEEE Spectrum*, V. 29 N. 7, julho 1992.
- [DERT92] - DERTOUZOS, MICHAEL L., LESTER, RICHARD K., SOLOW, ROBERT M., AND THE MIT COMMISSION ON INDUSTRIAL PRODUCTIVITY, **“Made in America - Regaining the Productive Edge”**, MIT Press, Massachusetts, EUA, 1992.

- [KAWA81] - KAWAMURA, LILI K., “**Engenheiro: Trabalho e ideologia**”, editora Ática, São Paulo 1981.
- [MARQ93] - MARQUE, IVAN DA C., “Informática, Realidade Virtual e Exclusão Radical”, *São Paulo em Perspectiva*, V. 4, N. 7 outubro/dezembro 1993.
- [SOUS88] - SOUSA, A. C. G., “O Ensino na Escola de Engenharia no Ano 2000”, *Engenho e Arte*, ano 1, número 3, março 1988.
- [SOUS90] - SOUSA, A. C. G. “**O Ensino na EE/UFRJ no Ano 2000**”, anais da XXXXII Reunião Anual da SBPC, julho 1990.
- [SOUS96] - SOUSA, ANTÔNIO C. G. DE, “**A Formação Computacional do Engenheiro**”, anais do XXIV Congresso Nacional de Ensino de engenharia, Fortaleza 1996, anais do II Encontro de Reforma de Ensino de Engenharia, EE/UFRJ, Teresópolis 1996.

O CICLO BÁSICO: CRÍTICAS AO MODELO ATUAL E PERSPECTIVAS DE INOVAÇÕES

José Guilherme Moreira
Departamento de Física - ICEX - UFMG

Introdução

Este relato pretende fazer um levantamento da situação das disciplinas de Física do Ciclo Básico do Instituto de Ciências Exatas da UFMG, em especial as três disciplinas de Física Geral. Essas disciplinas são cursadas pelos estudantes dos cursos de Ciência da Computação, Engenharia (06 modalidades: Civil, Elétrica, Mecânica, Metalúrgica, Minas e Química), Física, Geologia, Matemática e Química. Acreditamos que grande parte deste relato retrate também o que ocorre em outras áreas (matemática, química etc) e/ou em outras Instituições no País.

Pressupomos, ao longo de todo este relato, que haja consenso de que uma formação sólida em ciências básicas é de fundamental importância para a formação do profissional que venha a ser mais do que um técnico, podendo ajudar no desenvolvimento e implementação de novas tecnologias.

Inicialmente, faremos um breve histórico da implementação do ciclo básico, relatando quais os problemas que existiam e quais foram introduzidos com essa mudança. A seguir, apresentaremos a situação atual e faremos um levantamento dos principais problemas detectados. Os objetivos que, na nossa opinião, devem ser a função primordial do ciclo básico serão, então, apresentados. Ao final, discutiremos algumas perspectivas de inovações que têm sido levantadas em reuniões recentes em nosso Departamento e deste com a Escola de Engenharia.

Breve Histórico

Antes da introdução do ciclo básico, as disciplinas básicas eram oferecidas pelas escolas profissionalizantes. Os docentes responsáveis por tais disciplinas não tinham, necessariamente, uma formação específica - na maioria dos casos eram docentes da escola que demonstravam interesse por essa ciência básica. As disciplinas eram oferecidas para um dado curso e havia uma ligação entre esse docente e os docentes das disciplinas profissionalizantes. Esse fato fazia com que as disciplinas fossem altamente especializadas, não oferecendo uma visão global da ciência, além de dificultar a introdução de novos conceitos.

Com a introdução do ciclo básico e a formação dos institutos, houve a formação de docentes especializados nessas áreas do conhecimento. Devido a essa mudança, houve grande desenvolvimento da área de pesquisa nessas ciências, principalmente na Física. As disciplinas básicas

passaram a oferecer uma visão mais global da ciência e a introdução de conceitos mais modernos foi facilitada. Por outro lado, ocorreu um distanciamento entre os docentes das disciplinas básicas e os docentes das disciplinas profissionalizantes.

Situação Atual

As três disciplinas de Física Geral do ICEX têm 07 aulas por semana, sendo 04 teóricas e 03 de laboratório. O curso teórico é completamente desvinculado do laboratório, com este sendo responsável por 25% da avaliação. Em cada disciplina contamos com, aproximadamente, 500 estudantes e o índice de aprovação está em torno de 65% dos matriculados e de 75% dos frequentes. O curso teórico, embora conte com uma coordenação, não apresenta uma homogeneidade, com cada professor tendo grande liberdade. Além disso, as turmas não são uniformes, havendo diferença de nível de conhecimento e de interesses entre os estudantes.

Atualmente, um dos maiores problemas que atinge a UFMG é o do alto índice de evasão que ocorre, principalmente, no ciclo básico. Consideramos que, entre outros fatores, dois estão diretamente relacionados com o ciclo básico.

- Existe uma exacerbada diferença de nível entre o ensino secundário e o ensino na Universidade. Antes da implantação do ciclo básico e do Vestibular único, o 2º grau era dividido entre o Clássico e o Científico - com enfoque em exatas ou biológicas - e dava uma formação mais específica ao estudante. Este chegava à Universidade com um conhecimento mais firme nas disciplinas básicas de sua área. Atualmente, não existe mais essa diferenciação e estudantes com muito pouco conhecimento específico têm grande dificuldade nas disciplinas básicas.
- As disciplinas não são mais direcionadas para um dado curso e as turmas não são uniformes. Logo após a implantação do ciclo básico, a idéia predominante era mesclar completamente os alunos já que essa formação básica deveria ser igual para todos. Com o tempo essa idéia mostrou-se inadequada e, hoje, tenta-se fazer com que as turmas sejam o mais uniformes possível. Como alguns cursos têm um número pequeno de estudantes, estes são agrupados em uma mesma turma embora seus interesses sejam bastante diversos, por exemplo, os estudantes de Física e Geologia.

Objetivos

Acreditamos que a função primordial das disciplinas do ciclo básico da Física possa ser dividida em dois objetivos principais:

1. a introdução dos principais conceitos físicos, sua compreensão pelo estudante e aplicações desses conceitos.
2. Atualmente, este ponto é burocraticamente satisfeito: os conceitos são introduzidos e o estudante é treinado em várias aplicações. Esse processo não produz o resultado mais importante que é a compreensão e fixação do conceito físico - processo que pode perdurar e auxiliar o estudante ao longo de sua vida profissional.
3. a apresentação dos métodos de abordagem na solução de problemas físicos - métodos matemáticos, experimentais e computacionais.
 - A deficiência que alguns estudantes apresentam em matemática dificulta o desenvolvimento desse objetivo. Deve-se evitar avaliações em que não se possa medir o conhecimento dos conceitos físicos já que eles podem estar escondidos debaixo de uma parafernália de cálculo (essa avaliação deve ser feita independente e/ou após o ciclo básico).
 - Os métodos experimentais exigem, além de material e instalações adequadas, grande investimento de tempo para seleção e elaboração dos experimentos relevantes. Esses experimentos devem ter como objetivo apresentar técnicas de laboratório, experimentos que visem a ilustração de um conceito físico devem ser evitados.
 - O computador pode ser utilizado para ilustrar uma série de fenômenos físicos que antes os estudantes tinham que visualizar de uma forma abstrata. Além disso, estudantes com conhecimento maior de computação podem desenvolver programas que simulem certo fenômeno físico.

Perspectivas

- Exigência de pré-requisito do ensino médio.
- Devido a deficiências que os alunos trazem do ensino médio, várias disciplinas do ciclo básico possuem uma carga horária maior do que o necessário. Os Colegiados dos Cursos estão pressionando não aceitando a existência dessa carga extra. Esse fato levará a uma discussão da forma de acesso à Universidade, sendo que a forma atual - o Vestibular - não é eficaz na cobrança de pré-requisitos para as disciplinas do ciclo básico.
- Curso teórico homogêneo, com enfoque mais conceitual.
- Homogeneizar o curso, definindo os tópicos a serem abordados e uniformizando os critérios de avaliação. As turmas também devem ser mais uniformes, com o nível de conhecimento e os interesses dos estudantes sendo comuns.

- Curso experimental independente, com enfoque em métodos e técnicas de medidas.
- Montar um curso de laboratório totalmente independente do curso teórico, cujo objetivo seja treinar o estudante em técnicas de laboratório. Os experimentos, obviamente, estarão ligados a fenômenos e conceitos físicos que serão discutidos durante a aula, mas não será este o objetivo do curso.
- Abordagem de tópicos mais modernos.
- Existem vários tópicos que despertam grande interesse (caos, fractais, lasers etc.) que podem e devem ser apresentados aos estudantes. A dificuldade maior é a falta de textos e os livros padrões que se atêm demasiadamente a tópicos tradicionais.
- Incentivar atividades extra-classe.
- A oferta de atividades optativas em horários extras - exibição de filmes didáticos, apresentação de demonstrações mais elaboradas, programas interativos instalados em computadores de fácil acesso - estimulará uma maior independência dos estudantes.
- Verticalização dos currículos.
- A Escola de Engenharia está querendo mudar o modelo atual: primeiro as disciplinas básicas e depois as do profissional. A mudança que eles estão propondo irá mesclar disciplinas do profissional nos primeiros anos do curso e algumas disciplinas do básico poderão ser dadas depois, quando o estudante estiver mais amadurecido.
- Aumentar a interação com as escolas profissionalizantes.
- Com uma maior interação entre os professores do ciclo básico e os do profissional, aqueles terão maior conhecimento das necessidades dos estudantes de suas turmas, podendo dar exemplos relacionados ou se ater mais demoradamente em algum tópico.

Conclusão

A introdução do ciclo básico provocou uma melhoria no ensino das ciências básicas devido a uma melhor formação dos professores mas provocou uma distância com as disciplinas profissionalizantes. O sistema deve ser repensado de forma a perseverar as conquistas importantes e enfrentando os problemas de baixo índice de aprovação e de evasão. Qualquer mudança a ser implementada deve ser fruto de discussões entre as escolas profissionalizantes e os institutos de ciência básica.

Comunicações Orais

CONFLITO COGNITIVO EM SALA DE AULA: ATIVIDADE DESENCADEADORA DOS PROCESSOS

Dirceu da Silva¹ (dirceu@turing.unicamp.br)
André Ferrer Pinto Martins² (aferrer@if.usp.br)
1- FE/UNICAMP 2- IFUSP

1. Introdução

Aulas expositivas nas quais o professor apresenta definições, ilustra a sua idéias e resolve exemplos numéricos e exercícios inócuos é rejeitada por todo pesquisador e professor com um grau mínimo de lucidez, sensibilidade e atualização. Não obstante, é discurso freqüente a necessidade de se partir do conhecimento do aluno e buscar desafiá-lo cognitivamente ou desequilibrá-lo. Porém este intento não se resolve na mera intenção ou no discurso. Faz-se necessário produzir atividades que permitam tais objetivos últimos em detrimento dos primeiros, para que efetivamente se acenda o diálogo qualificado dos processos escolares de sala de aula.

Neste trabalho buscamos apresentar uma pesquisa realizada em sala de aula, de dois cursos de 3ª série do 2º grau regular diurno. Abordando conteúdos de eletricidade dinâmica; mais especificamente o modelo de corrente elétrica.

Propusemos que os alunos resolvessem uma situação problematizadoras “falsa”, no sentido de ser preparada para conduzir a um resultado errôneo, para levantar as suas concepções espontâneas e ao mesmo tempo servir para coflituar as suas concepções.

2. Caracterização dos alunos.

Nesta escola, o curso é diurno e com adolescentes com idade média de 17 anos e 7 meses. 34% são homens e 66% mulheres. Nenhum dos alunos trabalha. Aplicamos as atividades em duas turmas de 31 alunos cada, da 3ª série do 2º grau Esta escola é pública, mas tem condições estruturais e profissionais muito diferentes da rede pública do Estado de São Paulo.

3. Fundamentação da Atividade.

A idéia da necessidade de provocar conflitos cognitivos há muito é perseguida por nós (Silva, 1990 e 1995) e encontra ressonância nos mais diversos discursos e propostas construtivistas (Stavi, 1979; Zylbersztajn, 1983; Rowell e Dawson, 1985; Dreyfus, Jungwirth e Eliovitch, 1990; Scott, Asoko e Driver, 1991 e Gil Perez, 1993) chegando a representar um consenso básico na área de pesquisa em ensino, por outro lado encontrar atividades e problemas que permitam ou ainda que sejam

potencialmente interessantes para provocar os conflitos é tarefa difícil (Silva e Lattouf, 1996), pois além de um certa dose de empirismo e de empreendimento de experimentador, deve-se aliar a essa “coragem intelectual” uma dose elevada de criatividade e de entendimento dos processos pelos quais os alunos passam na construção dos seus conhecimentos.

Indícios e conhecimentos das pesquisas sobre os conceitos espontâneos podem ser um bom começo, pois se sabemos como os alunos pesam, podemos propor situações que permitam a explicitação dessas idéias prévias, gerando elaborações e concepções no coletivo de uma sala de aula que permite confrontar as diversas respostas dos alunos, buscando uma clima de perturbação das noções espontâneas, com vistas a um crescimento conceitual dos alunos. Minimiza-se assim a pecha de trabalho meramente empírico e inconseqüente, muito freqüente nos discursos resistentes às inovações.

Analisando as referidas pesquisas realizadas sobre conceitos de eletricidade (Thiberghien, 1983; Shipstone, 1984 e 1989; Varela Neto et al., 1988; Driver, 1989; Driver et al., 1989; Santos, 1991), encontramos uma dificuldade, com respeito ao modelo de corrente elétrica, no sentido de obstáculo epistemológico (Bachelard, 1975, Astolfi e Develai, 1989 e Santos, *opus cit.*).

Este obstáculo não superado pelo aluno implicará em uma grande dificuldade de entender conceitos como diferença de potencial, resistência elétrica, associação de resistores e potência elétrica. Este fato pode ser constatado pela necessidade que o modelo desempenha para explicar, ainda que classicamente e em nível introdutório, o comportamento dos elétrons ou o regime estacionário experimentado pela corrente elétrica quando percorre elementos resistivos.

Assim, o modelo de corrente elétrica poderia ser considerado como um dos objetivos mínimos, no sentido que Coll (1992) atribui à estruturação de um currículo escolar.

A importância de se localizar os objetivos mínimos de um curso torna-se imperiosa quando queremos encontrar os “fios condutores” de um programa de ensino e evitar o ensino de um amontoado de teorias; leis e fatos, que efetivamente não representam a Física³.

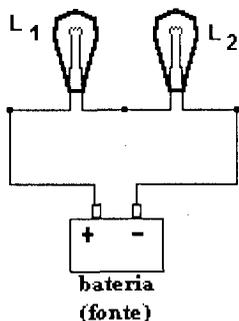
A postura do professor em sala de aula e a forma metodológica que esta foi conduzida, pode ser entendida como tendo uma base construtivista (Wesley, 1987; White e Gunstone, 1989; Duschl e Gitomer, 1991; Wheatley, 1991; Carvalho e Gil Perez, 1993) onde se busca fomentar o debate, a discussão, a formulação de hipóteses entre os iguais

3A esse respeito há uma frase de alerta expressa por Henri Poincaré: “A ciência é construída a partir de fatos, da mesma forma que uma casa é construída de tijolos. Porém, não se pode chamar de ciência a uma mera coleção de fatos, como não se pode chamar de casa um amontoado de tijolos”. (Poincaré, Apud Hanson, 1985), que sintetiza uma das preocupações centrais da visão que devemos ter da ciência, quando queremos ensiná-la e sobretudo pensar em construir um programa de ensino.

(Silva, 1995 e Silva e Lattouf, 1996), pois entre os alunos é permitido discordâncias maiores e o diálogo ocorre de forma mais equilibrada (Joshua e Dupin, 1991).

4. Apresentação da atividade.

A atividade foi apresentada sob a forma de problema:



Tem-se duas lâmpadas L_1 e L_2 , ligadas como mostra a figura ao lado.

Nessas condições, qual delas deve ter um brilho maior? Explique.

Nada foi falado a respeito das características das lâmpadas. Um circuito foi montado com duas lâmpadas diferentes, com os selos (marcas) do fabricantes apagados e codificando-as como L_1 e L_2 ($L_1 \cong 40W$ e $L_2 \cong 60W$). Como as mesmas possuíam resistências elétricas diferentes e o circuito estava em série, aquela projetada para consumir a maior potência, deveria brilhar menos.

Este circuito foi montado pensando nas respostas espontâneas dos alunos, pois é comum atribuírem à corrente elétrica uma propriedade de ser "gasta" na primeira lâmpada e assim fazer brilhar pouco a segunda.

A atividade foi apresentada por escrito e os alunos responderam individualmente. Após esta etapa, foi aberto uma discussão geral no grupo classe para comentar os tipos de respostas. Convidamos alunos a se manifestarem sobre as suas idéias enquanto passávamos os olhos pelas respostas escritas.

Em seqüência, apresentamos o circuito e o ligamos na tomada da rede comercial⁴.

A partir da ligação do circuito, iniciou-se uma nova fase de discussões, porque este havia sido pensado para confirmar as concepções espontâneas.

Deixamos à mão duas outras lâmpadas iguais, para permitir a constatação ou refutação de hipóteses que poderiam ser apresentadas pelos alunos durante o debate.

Novas perguntas e novos problemas foram acrescidos em função do tipo de desenvolvimento apresentado pelos alunos, ora para aprofundar

⁴A característica da corrente elétrica, da rede comercial, ser alternada, não foi comentada, pois naquele momento era irrelevante, na medida que o fenômeno de dissipação de energia em um resistor é quase indiferente. Mais tarde no curso as características da corrente elétrica foram discutidas e trabalhadas.

mais as discussões e ora para fazer as discussões convergirem para um ponto que estávamos pretendendo chegar. Estas novas perguntas e problemas estão apresentadas dentro do item a seguir de forma mais contextualizados.

5-Desenvolvimento das discussões

As respostas obtidas foram semelhantes àquelas apresentadas nos estudos e pesquisas de conceitos espontâneos: a maioria apresentou a idéia de que a eletricidade é gasta na primeira lâmpada, não permitindo que a segunda acenda com toda a sua plenitude; outros afirmaram que as duas lâmpadas brilham iguais, porque a eletricidade irá se encontrar no meio das duas (nó central do circuito) e assim já teria percorrido as duas lâmpadas; poucos afirmaram que as lâmpadas também acendem do mesmo modo, pois a ligação é em série; por fim, observamos algumas exceções às respostas típicas mostradas acima, que apresentavam dificuldades outras de analisar o problema ou que não possuíam uma causalidade explícita.

Optamos por usar da estratégia de discussão e debate entre os iguais, mediada pelo professor, como sugerem Joshua e Dupin, (1991).

Sintetizamos as explicações típicas na lousa e ligamos o circuito na tomada, criamos um clima de satisfação para muitos e de descontentamento para outros. Abrimos uma discussão sobre as explicações: qual delas estava explicando melhor o fenômeno que presenciávamos? Por que as outras não conseguiram prever o fenômeno? etc.

Criamos um clima de divergência, nitidamente confirmado pelas expressões de descontentamentos de alguns, polarizamos as discussões a respeito do fenômeno que estávamos interessados em explicar.

Convidamos os alunos a falarem novamente sobre as suas concepções e alguns deles (o grupo que havia apresentado uma resposta mais elaborada) começaram a propor outras hipóteses, tais como: se invertêssemos as lâmpadas, iria acontecer o mesmo?, ou se invertêssemos os *plugs* da tomada...? ou ainda, as lâmpadas são iguais?

Passamos a submeter esses questionamentos aos outros alunos, na tentativa de prolongar mais as discussões e fomentar a necessidade da busca uma explicação, mais ao nível do modelo de corrente elétrica.

Em clima de debate convidamos um aluno a trocar os *plugs* da tomada e em seguida, para testar a idéia mais polêmica, que estava gerando muitas controvérsias, pedimos a um aluno inverter as lâmpadas. Este procedimento causou novo embate na sala, pois permitiu inverter os fatos que os grupos estavam usando para sustentar as suas idéias.

Mais facilmente muitos alunos passaram a convergir as suas perguntas para a igualdade ou diferença de características das lâmpadas.

Apresentamos a seguir duas lâmpadas iguais e as colocamos nos soquetes, evidentemente acederam com o "mesmo brilho" e passamos a

uma etapa de reformulação das hipóteses: Por que duas lâmpadas iguais de fato, ligadas dessa forma [em série] brilham com a mesma intensidade?

Este novo fato entrou em “choque” com as concepções mais espontâneas e permitiu começarmos uma busca de novas explicações.

Solicitamos aos alunos que reformulassem as suas idéias e tentassem explicar como duas lâmpadas iguais, ligadas da forma como apresentamos, podem apresentar o mesmo “brilho” e ainda esse ser mais “fraco”. Fizemos essa solicitação sugerindo que se pensasse no que estava ocorrendo no interior do fio, pois nos interessava buscar as explicações ao nível da corrente elétrica. Esta solicitação foi feita ao final da aula.

Na aula seguinte, propusemos que os alunos discutissem em pequenos grupos as suas idéias e tentassem chegar a um consenso a respeito do que estava acontecendo no interior dos fios.

Passamos pelos grupos e tentamos:

- Alimentar as discussões, ouvindo as explicações dos alunos e organizando o desenvolvimento do processo.
- Eliminar possíveis lacunas de conhecimento, através do fornecimento de informações paralelas.
- Propor novos questionamentos mais qualificados, que permitissem redirecionamentos.

Após aproximadamente 30 min, pedimos para um aluno de cada grupo expor rapidamente o resultado das discussões.

Observamos que todos os grupos têm uma idéia sobre algo semelhante às partículas, que percorrem o interior dos fios; a maioria dos grupos apresentou o nome de elétron para esses elementos responsáveis pelo processo, mas muitos ainda tinha uma visão dos ditos elétrons com propriedades macroscópicas do tipo: “quando a lâmpada ascende, ela gasta ou consome os elétrons” ou “eles se chocam no interior da lâmpada”, ou ainda, “a lâmpada retira algo dos elétrons, semelhante a suas cargas” etc.

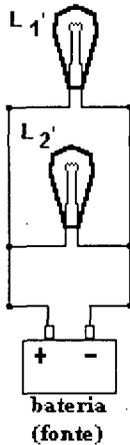
Evidentemente que os alunos não chegariam a uma concepção de partícula semelhante à aquelas semelhantes ao modelo mais aceito pela Física clássica. Mas com esse processo consegue-se fazê-los ter a necessidade de buscar uma explicação mais elaborada e assim, consegue-se fazer “trazer” esse conhecimento à *Zona de Desenvolvimento Proximal* dos alunos (Onrubia, 1993), isto é, fazer com que o grupo classe tenha interesse e necessidade de solucionar um problema, no sentido de ser agora, um problema deles e não do professor ou de alguns da classe.

Passamos então a sistematizar e explicar algumas concepções do que a ciência entende pelo modelo de elétron e algo sobre os seus comportamentos e sobre o princípio de conservação de energia.

Fechamos a aula com duas novas perguntas, agora sobre a situação apresentada no início:

1. Pesando no circuito anterior, aquele com duas lâmpadas diferentes, como deve ser o fluxo de elétrons no interior de cada lâmpada?

2.



Nesta situação nova, como deve(m) ser o(s) fluxo(s) de elétrons pelas lâmpadas L_1 e L_2 ? Pense que elas podem ser: a) iguais e b) diferentes. Apresente explicações.

As respostas obtidas na aula seguinte foram muito interessantes. A maioria delas apresentou a idéia de que os fluxos de elétrons nas duas lâmpadas em paralelo dependia das mesmas e que esse fluxo deveria se “dividir” e passar pelas duas; constatamos respostas que fazia alusão à repulsão entre as partículas e conseqüentemente a necessidade de “preencher” todo o circuito, ou seja, pela repulsão tentou-se explicar a necessidade dos elétrons circularem; esse aluno foi convidado a explicar em “voz alta” para toda a classe.

Percebemos que esse problema não causou um impacto desejado, pois com ele queríamos desenvolver a idéia de que as correntes são divididas e que as tensões são constantes. Pareceu-nos que os alunos não vêem um problema na solução dele. É claro que no nível de introdução há explicações com um linguajar próprio, que muitas vezes apresentam termos com significados diferentes daqueles que entendemos.

Retomamos à questão anterior, pois nela se concentram os problemas e constatamos que as dúvidas passam a girar em torno da necessidade de explicar como ocorre o processo de circulação dos elétrons no circuito em série. Reafirmamos a questão 1 (acima), pedindo para os alunos apresentarem as suas respostas. Poucos alunos disseram que as correntes, no caso os fluxos de elétrons, eram os mesmos na duas lâmpadas, mas sem uma justificativa mais plausível. Abrimos essa discussão na sala e pedimos para os alunos convencerem os seus colegas a respeito das suas idéias.

Não observamos, que aqueles que defendiam uma constância da corrente elétrica no circuito em série, conseguiram convencer os seus colegas dessa possibilidade, mas criou-se um caminho para a nossa intervenção. Pois não acreditamos que sozinhos os alunos conseguissem chegar a um modelo de *regime estacionário*.

Resgatamos de uma das falas de um aluno uma idéia que permitiu a elaboração de uma analogia interessante. Criamos uma situação hipotética onde tínhamos uma sala com duas portas (vide figura abaixo).

A porta 1 pode permitir a passagem de um fluxo médio de 20 pessoas por segundo, no máximo e a porta 2, um fluxo médio de 2 pessoas por segundo. Dissemos que era imperiosa a circulação de pessoas pela sala, “como se estivesse distribuindo dólares após a segunda porta”, desenvolvendo o seguinte raciocínio: Abrem-se as portas. Quantas pessoas irão passar pela porta 1. Esperamos as respostas. Estas, apesar de não serem registradas sistematicamente, puderam dar a idéia de que a maioria dos alunos estava concordando com o número vinte, porque era essa a capacidade da porta.

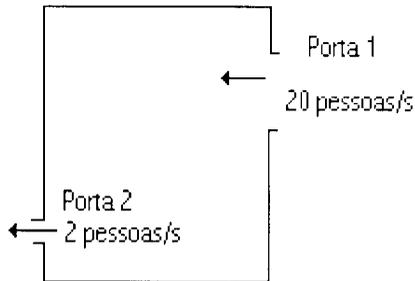


Figura 1: Analogia com a corrente elétrica em resistores diferentes.

Recolocamos a situação: Após a sala estar cheia de pessoas, quantas pessoas irão entrar pela porta ?

As respostas se dividiram: alguns falaram em duas pessoas e outros e vinte pessoas. Pedimos para os alunos explicarem as suas respostas em voz alta. O primeiro grupo apresentou argumentos melhores: entram duas pessoas porque só podem sair duas.

Resgatamos a idéia de regime estacionário onde cada etapa depende da outra, transferindo essa analogia para o fenômeno que estávamos querendo explicar. Chegamos a falar também da ocorrência de transientes quando se aciona um circuito elétrico, comparando com fenômenos cotidianos, tais como o jato inicial de um bico de bebedouro, comum nas escolas.

Na aula seguinte formalizamos o modelo com ao nível das partículas e buscamos apresentar elementos matemáticos.

6. Comentários e Conclusões:

Havíamos nos proposto a apresentar uma atividade que propiciasse as situações de conflito cognitivo na sala de aula, optando por uma descrição comentada mais longa, dos processos em sala de aula. Tal opção pareceu-nos necessária para permitir que outros professores possam refletir sobre a mesma e até reproduzi-la, pois é muito difícil ter-se exemplos concretos para entender como se pode realizar um ensino coerente com as propostas e sugestões observadas nos discursos atuais da área de ensino.

Constatamos que as etapas e temas seguintes do cursos de eletricidade dinâmica foram desenvolvidos, dentro desta mesma perspectiva, com mais profundidade, mais interesse e resultados de aprendizagem mais efetivos, confirmando a hipótese de que esse modelo é um obstáculo, que se não superado dificulta o aprendizado de conceitos dos processos elétricos. Haja visto que no final deste curso, solicitamos aos alunos desenvolverem um projeto de chuveiro elétrico, com quatro possibilidades de aquecimento, onde era necessário usar-se quase todos os conceitos vistos no curso. Obtivemos um *escore* elevado de respostas muito satisfatórias (Silva e Lattouf, 1996).

Podemos constatar que houve um maior número de situações conflitivas e que foram sendo necessárias de se colocar em função das necessidades geradas durante o processo de ensino, porque este não pode ser padronizado devido ao seu alto grau de dinamismo, que pode ser expresso genericamente pelas componentes socio-afetivas-culturais que estão presentes a todo momento. Em poucas palavras, deve-se ter uma bagagem maior de conhecimentos da forma como possivelmente se aprende para poder intervir a todo o momento, pois como alertam Astolfi e Peterfavi (1993) para realizar um ensino que permita aos alunos superar os seus obstáculos epistemológicos, este não pode ser calçado em uma única atividade pontual e descontextualizada da realidade, permitindo uma flexibilidade não extremada, para não sair do contexto central dos conteúdos e dos objetivos desejados.

Notamos que atividades deste tipo encontram uma maior ressonância nos nossos alunos pois além de criar um espaço mais adequado para a manifestação das suas idéias, formulação de suas hipóteses e *crescimento conceitual*, permite ainda que o conhecimento, antes visto como “chato” e enfadonho, torne-se algo mais próximo das suas necessidades, mesmo que não imediatas.

Por fim, poderíamos estar dando a entender algo imediato que queremos frisar e superar: se apresentamos a “solução” do problema proposto, porque perdemos tempo em passar por diversas etapas conflitivas de negociação? Não seria mais fácil e rápido apresentar a analogia da sala e relacioná-la com um modelo que poderia ser apresentado?

De fato, podemos constatar prioristicamente tal conclusão na seqüência do desenvolvimento da atividade, porém não tratamos apenas o modelo de corrente elétrica, mas buscamos superar várias concepções espontâneas dos alunos, tentando fazer um conjunto de conhecimentos mais interdependentes entre si e melhor: fazer com esse conhecimento passasse a ser “propriedade” dos alunos, deixando de ser algo útil apenas para a promoção na série. Não obstante, toda desequilíbrio deve ser seguida de uma de reequilíbrio para que se possa continuar os processos de aprendizagem e esse mostrar a solução que permite o intento exposto, mas apenas após uma a construção do entorno do

conhecimento do aluno e da necessidade da solução de forma não burocrática.

7. Referências Bibliográficas

- Astolfi, J.P. e Develay, M. (1990). A Didática das Ciências.(trad.: M.S.S. Foñseca), Campinas. Papirus Editora.
- Astolfi, J.P. e Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et Construction de Situations Didactiques en Sciences Expérimentales. ASTER, N° 16, pp. 103-142.
- Bachelard, G. (1975). La formation de L'Esprit Scientifique. 9a ed.. Paris, VRIN.
- Carvalho, A.M.P. e Gil Perez, D. (1993). Formação de Professores de Ciências. São Paulo, Cortez ed.
- Coll, C. (1992). Psicología y Currículum. 2ª Impr., Barcelona, Ediciones Paidós.
- Dreyfus, A., Jungwirth, e. Eliovitch, R. (1990). Applying the "Cognitive Conflict" Strategy for Conceptual Change - Some Implications, Difficulties and Problems. Science Education. 74(5): 555-569.
- Driver, R., Guesne, E. e Tiberghien, A. (1989). Ideas Científicas en la Infancia y en la Adolescencia. (trad.: P. Manzano). Madrid, Eds. Mec e Morata.
- Driver, R. (1989). Students' Conceptions and the Learning of Science. International Journal of Science Education, 11(special issue): 481-490.
- Duschl, R.A. e Gitomer, D.H. (1991). Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. Journal of Research in Science Teaching. 28(9): 839-858.
- Gil Perez, D.(1993). Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de um Modelo de Enseñanza/Aprendizaje como Investigación. Enseñanza de la Ciencias, 11(2): 197-212.
- Hanson, N.R. (1985). Patrones de descubrimiento.(trad.: E.G.Camarero). Madrid. Alianza Editorial. 2a ed.
- Joshua, S. e Dupin, J.J. (1991). Démarches de Modélisation et Interactions Sociales en Classe: Un Exemple en Physique. In: Garnier, G. et al. (org.) (1991). Après Vygotski et Piaget - Perspectives Sociale et Constructiviste. Ecoles Russe et Occidentale. Bruxelles. De Boeck-Wesmael S.A., pp. 69-84.
- Onrubia, J. (1993). Enseñar: Crear Zonas de Desarrollo Próximo e Intervenir en Elles. IN: Coll, C. et al. (1993). El constructismo en el Aula. Barcelona, Editorial Graó. Pp: 101-123.
- Rowell, J. A. e Dawson, C.J. (1985). Equilibration, Conflict and Instruction: a New Class-Oriented Perspective. European Journal of Science Education. 7(4): 331-344.

- Santos, M.E.V. (1991). Mudança Conceitual na Sala de Aula. Lisboa, Livros Horizonte.
- Scott, P.H., Asoko, H.M. e Driver, R. (1991). Teaching for Conceptual Change: a Review of Strategies. In: Duit, R., Goldberg, F. e Niedderer, H. (Ed.) (1991). Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop held at the University of Bremen. Bremen, Institut Für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Shipstone, D. (1984). A Study of Children's Understanding of Electricity in Simple DC Circuits. European Journal of Science Education, 6(2): 185-198.
- Shipstone, D. (1989). Eletricidad en circuitos sencillos. In: Driver, R., Guesne, E. e TIBERGHIE, A. (1989). Ideas Científicas en la Infancia y en la Adolescencia. (trad.: P. Manzano). Madrid, Eds. Mec e Morata, pp:
- Silva, D. (1990). O Ensino Construtivista da Velocidade Angular. Coleção Textos: Pesquisa para o Ensino de Ciências, Nº 4, São Paulo, FEUSP.
- Silva, D. (1995). Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura. Tese de Doutorado. São Paulo, Faculdade de Educação da USP.
- Silva, D. e Lattouf, R. (1996). Eletricidade: Atividade de Ensino Coerente com um Modelo Construtivista. Pró-posições. Vol 17, Nº 1(19): 41-57
- Stavy, R. (1991). Using Analogy to Overcome Misconceptions About Conservation of Matter. Journal of Research in Science Teaching, 28(4): 305-313.
- Thiberghien, A. (1983). Revue Critique sur les Recherches Visant a Elucider des Notions de Circuits Élétriques pour les Éleves de 8 a 20 ans. Proceeding of the First International Summer Workshop. Lalonde les Maures (France), pp. 75-90.
- Varela Nieto, P., Manrique de Campo, M.J., Favieres Martinez, A. (1988). Circuitos Elécticos: Una Aplicación de un Modelo de Enseñanza-Aprendizaje basado en las Ideas Previas de los Alumnos. Enseñanza de las Ciencias, 6(3): 285-290.
- Wesley, W.G. (1987). Toward a Cognitive Physics Course. IN: Novack, J.D. (1987). Proceedings of the Second International Seminar Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University, Ithaca, Vol. III, pp. 578-580.
- Wheatley, G.H. (1991). Construtivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. Science Education, 75(1): 9-21.
- White, T.R. e Gunstone, F.R. (1989). Metalearning and Conceptual Chance. International Journal of Science Education, 11, pp. 459-463.

Zylbersztajn, A. (1983). Concepções espontâneas em Física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. Revista de Ensino de Física. 5(2): 3-16.

VERIFICAÇÃO DA RETENÇÃO DA APRENDIZAGEM DE UM CURSO DE FÍSICA TÉRMICA

Dirceu da Silva (*dirceu@turing.unicamp.br*)¹

Victoriano Fernandez Neto²

1- FE/UNICAMP, 2- Colégio Suíço-Brasileiro

1. Introdução

Durante o XI Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado em Niterói, Rio de Janeiro, em janeiro de 1995, apresentamos um trabalho sobre a avaliação da aprendizagem de conceitos da Física Térmica, em um curso regular de 2º grau (Silva, Fernandez Neto e Carvalho, 1995), que apresentava os resultados do ensino, citado, avaliados pelo emprego de uma questão aberta.

Naquela ocasião debatemos com diversas pessoas a permanência da aprendizagem ao longo do tempo. Estava entre os presentes, naquela sessão de comunicações orais, a idéia de que muitos testes acabam por “viciar” os estudantes a responderem aquilo que o professor ou pesquisador deseja ouvir. Não obstante, houve muitas manifestações de interesse por conhecer melhor as nossas pesquisas que fundamentaram tal trabalho.

De fato tais considerações passaram a nos preocupar: Estaríamos avaliando a memória dos alunos quando fazemos perguntas, mesmo que abertas e em contextos aparentemente diferentes, após o ensino?

Esta é uma questão controversa, pois é difícil termos certezas sobre a origem das respostas dos alunos: temos intuições a respeito da fonte cognitiva, isto é, se é fruto de simples memorização ou se foi elaborada a partir de conhecimentos construídos.

Voltamos, após dois anos e dois meses (junho/94 a agosto/96), a aplicar um novo teste nos mesmos alunos da pesquisa anterior, com vistas a buscar responder a questão colocada.

2. Sobre os alunos

Durante o período que se seguiu entre uma pesquisa e outra, alguns alunos ficaram retidos em séries anteriores e outros deixaram a escola. Dos 56 alunos que analisamos originalmente da 1ª série do 2º grau de 1994, encontramos 44 alunos “antigos” e 10 alunos “novos” que não passaram pelo nosso ensino de Física Térmica, num total de 54 alunos. Sondados os “novos” e constatamos que estes eram provenientes de escolas públicas (6 alunos) e de escolas particulares (4 alunos), sendo que três desses últimos, originários de “escolas particulares de elite”. Todos os dez tiveram cursos tradicionais do assunto citado.

A faixa de idade desses alunos é de 16 anos e 5 meses até 19 anos e 7 meses. Agora são alunos da 3ª série do 2º grau.

3. Dados experimentais

Apresentamos novamente a mesma questão aberta usada naquela ocasião:

“Nós gostaríamos que vocês relacionassem com explicações o contexto que permitirá ou não fazer variar a temperatura de um corpo”

Pedindo para que os alunos respondessem individualmente e sem consulta a qualquer fonte. O alunos não foram avisados que iriam responder a uma questão como esta previamente.

Procuramos avaliar dois aspectos:

1. Uso de elementos do modelo cinético-molecular e
2. Distinção dos conceitos de calor e temperatura.

Estes dois elementos constituíram a base do nosso ensino (Silva, 1995 e Fernandez Neto e Silva, 1995), durante o período de curso que este alunos vivenciaram. O primeiro aspecto foi perseguido durante todo o curso de Física Térmica, porque é de fundamental importância para a busca de um modelo do micromundo (Tipler, 1981) e o segundo foi enfatizado, porque essa distinção constitui-se o fundamento básico para a estruturação dos fenômenos térmicos (Einstein e Infeld, 1980, p. 39 e Schenberg, 1984, pp. 106-110).

Criamos três categorias de respostas para facilitar a análise da idéias dos alunos

A) Não uso explícito do modelo cinético-molecular e não distinção dos conceitos de calor e de temperatura.

Exemplos de resposta⁵:

Aluno 1: *“Para que haja variação da temperatura de um corpo é necessário que este ‘ganhe’ ou ‘perda’ energia térmica. Dessa forma, se não haver troca de energia, a temperatura não variará (devemos considerar, para que uma troca de energia se realize, que exista pelo menos dois corpos e que tenham energias diferentes”*

Aluno 2: *“A temperatura de um corpo varia quando há dois corpos em diferentes temperaturas, assim esses corpos trocaram energia, até um equilíbrio.*

O calor que um corpo possui acaba passando para o outro quando este tem menos energia que aquele e é isso que faz com que as temperaturas sejam diferentes.”

B) Uso de elementos do modelo cinético-molecular e não distinção dos conceitos de calor e de temperatura.

⁵ As respostas dos alunos não foram corrigidas, para dar melhor idéia das suas qualidades.

Exemplos de resposta:

Aluno 3: *“Para que haja variação da temperatura de um corpo, depende da agitação das suas moléculas. E essa variação depende do contato do corpo com uma fonte de calor que aumentará a agitação das moléculas deste corpo. Já com outro corpo em diferentes temperatura o calor se propagará com este até entrarem em equilíbrio. Quando dois corpos estão na mesma temperatura não haverá propagação de calor e não variará temperatura deste corpo. Pois calor é a energia que se propaga de dois corpos em diferentes temperaturas.”*

Aluno 4: *“A temperatura de um corpo varia de acordo com o estado de agitação das suas partículas. Para ocorrer tal variação, o corpo deve estar exposto a uma fonte ou então estar em contato com outro corpo de diferente temperatura. Dois corpos em contato tendem sempre a igualar suas temperaturas.*

O termo calor, portanto, é a energia que se propaga de dois corpos de diferentes temperaturas em contato.

Um corpo com alta temperatura apresenta suas partículas em grande agitação e quando as partículas quase não se agitam, podemos dizer que o corpo possui baixa temperatura”

C) Uso de elementos do modelo cinético-molecular e distinção explícita dos conceitos de calor e de temperatura.

Exemplos de respostas:

Aluno5: *“A temperatura de um corpo está diretamente relacionada com a agitação das partículas de um corpo, quanto maior a agitação, maior será a temperatura de um corpo. A agitação das partículas se dá em várias situações: quando colocamos algo no fogo ou quando recebe-se calor do sol. A temperatura varia por condução, por convecção ou por radiação. Quando uma molécula primeiro agitada começa a se chocar com outras e assim sucessivamente produzindo uma ‘agitação geral’. Desta forma, um corpo ganha calor de um outro, como também pode perder.*

Uma situação pode ter ganho de calor sem que as partículas se agitem mais. É a situação que água está em ebulição. O calor seria usado para evaporar as moléculas e não para agitar mais.”

Aluno 6: *“Para se mudar (variar) a temperatura de um corpo é necessário, através de uma fonte qualquer, que receba calor (roube) ou forneça energia aos corpos, variando a energia cinética de suas partículas. Assim sendo a temperatura de um corpo irá variar. Nos casos de mudança de estado (solidificação, liquefação, ebulição, etc.) essa variação não é*

observada. A temperatura permanece a mesma sem se alterar.”

Como resultado geral, não encontramos respostas que diferenciavam calor da temperatura, sem o uso explícito de elementos do modelo cinético-molecular. O que nos parece aceitável, pois na literatura da área (Tiberghien, 1983; Teixeira, 1992 e Silva, 1995) encontramos diversos trabalhos que mostram grandes dificuldades para distinguir os conceitos. Em menor grau encontra-se também pesquisas que apontam dificuldades em aprender-se o modelo cinético-molecular, porém em grau menor de dificuldade, pois um modelo tem uma estrutura causal que o sustenta e isso torna-o mais fácil ao aprendizado (Summers, 1983; Vazquez Diaz, 1987; Macedo de Burghi e Soussan, 1985).

Ainda, não encontramos entre os dez alunos “novos” resposta que pudessem ser classificadas nas categorias B e C. Noutras palavras: os alunos da nossa amostra, que passaram por cursos tradicionais, não mostram aprendizado satisfatório com respeito aos dois aspectos que buscamos avaliar aqui. Notamos também que apenas três dos alunos “antigos” apresentaram respostas na categoria menos elaborada

A tabela abaixo, apresenta as classificações de todas as respostas

Categorias	Número de alunos
Categoria A	13 alunos
Categoria B	26 alunos
Categoria C	15 alunos

4. Conclusões e comentários

Não era objetivo deste trabalho, a apresentação e a descrição detalhada do ensino que os alunos foram submetidos. Para tal, consultar Silva (1995), onde há uma descrição completa do processo.

Buscamos aqui responder a um questionamento feito dois anos atrás, por pesquisadores que tinham naquela ocasião dúvidas sobre a permanência do aprendizado de conceitos, não apenas na nossa pesquisa como nos resultados das suas investigações e em outra relatadas durante o debate que se seguiu.

Em linha gerais podemos notar que apenas aproximadamente 34% dos alunos que passaram pelo curso ministrado em 1994 (44alunos=100%) e que puderam ser analisados, apresentaram resultados muito satisfatórios e que a maioria dos alunos antigos (56%) apresentam o modelo cinético-molecular nas suas considerações, mas não distinguem explicitamente o calor da temperatura. Podemos até conjecturar que a questão dada por nós não permitia tal elaboração, mas este argumento é insustentável se olharmos os alunos classificados em C, pois este com a mesma questão apresentaram as respostas que queríamos constatar.

Como se passaram mais de dois anos entre um teste e outro, não podemos atribuir à habilidade de memorização os elementos presentes nas respostas, mas sim à construção de conceitos, o que nos leva a

acreditar que um ensino pautado em aspectos construtivistas produz melhores resultados. De fato, estudos neo-piagetianos recentes têm mostrado que a memorização de alguns conceitos ou teorias menos elementares não sobrevive 2 ou 3 meses em crianças e adolescentes (Benllock, 1984).

Se compararmos estes resultados com pesquisas que também enfocaram os conceitos em questão (Shayer e Wylam, 1981; Macedo de Burghi e Soussan, 1985; Laval, 1985; Tiberghien, 1990; Teixeira, 1992; etc.) constatamos que “de longe” obtivemos resultados muito excelentes, pois alguns dos trabalhos citados, mostram que apenas aproximadamente 2% dos alunos mantém suas respostas dentro do que era esperado como muito satisfatório.

Por fim, a comparação destes resultados com aqueles da pesquisa anterior pode mostrar algumas considerações importantes:

Categorias	Número de alunos (pesquisa anterior)	Número de alunos (pesquisa atual)
Categoria A	18 alunos	13 alunos
Categoria B	23 alunos	26 alunos
Categoria C	15 alunos ⁶	15 alunos

Dos 18 alunos da categoria A, da pesquisa antiga, apenas dois apresentaram respostas na categoria C e também dois apresentam respostas da categoria B, na nova pesquisa. Nem aluno da categoria C, da primeira investigação, foi encontrado em outras categorias, sendo que três deles saíram da escola e não puderam ser avaliados.

Assim, notamos uma certa estabilidade nas respostas dos alunos, mostrando que o ensino daquela época produziu resultados muito satisfatórios e duradouros.

5. Referências bibliográficas.

- Benllock, M. (1984). *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias*. Madrid, Visor Libros
- Einstein, A. e Infeld, L. (1980). *A Evolução da Física*. (trad.: G. Rebuá). Rio de Janeiro, 4a ed., Zahar Editores.
- Fernandez Neto V. e Silva, D. (1995). O todo e as Partes: Uma Releitura da Estrutura dos Conceitos de Física no 2º Grau. Atas do XI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Niterói, SBF, pp. 376-379
- Laval, A. (1985). Chaleur, Temperature et Changements d'Etat. *Recherches en Didactique des Sciences Experimentales*, vol 6, pp. 115-132.

⁶ As categorias das duas pesquisas eram aproximadamente iguais, sendo que na pesquisa anterior, apresentamos mais divisões, porque queríamos maior detalhamento. Para esta comparação, agrupamos duas categorias, para permitir a comparação.

- Macedo de Burghi, B. e Soussan, G.(1985). Estudio de los Conocimientos Preadquiridos sobre las nociones de Calor y Temperatura en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias*, vol.3, pp. 83-90.
- Schenberg, M. (1984). *Pensando a Física*. São Paulo, ed. Brasiliense.
- Shayer, M. e Wylam, H. (1981). The Development of the Concepts of Heat and Temperature in 10-13 Years-Old. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 18, pp. 419-434.
- Silva, D, Fernandez Neto, V. e Carvalho, A.M.P. (1995).O uso de Questões Abertas em um curso de Física Térmica. *Atas do XI Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Niterói, SBF, pp.442-446
- Silva, D. (1995). *Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura*. Tese de Doutorado. São Paulo, Faculdade de Educação da USP.
- Summers, M.K. (1983). Teaching Heat - an Analysis of Misconception, *School Science Review.*, vol.64, pp. 670-676.
- Teixeira, O.P.B. (1992) *Desenvolvimento do Conceito de Calor e Temperatura: A Mudança Conceitual e o Ensino Construtivista*. Tese de Doutorado. São Paulo, Faculdade de Educação da USP.
- Tiberghien, A. (1983). Critical Review on the Research Aimed at Elucidating the Sense that the Notions of Temperatura and Heat Have for Students Aged 10 to 16 Years. *Proceeding of the Frirst International Summer Workshop*. Lalonde les Maures (France), pp. 75-90.
- Tiberghien, A. (1990). Learning and Teaching at Middle School Level of Concepts and Phenomena in Physics: the Case of Temperature. In: MANDL, H. et al. (eds.) (1990). *Learning and Instruction*. London, Pergamon Press, pp.631-648.
- Tripler, P.A. (1981). *Física Moderna*. (trad.: Y. Yamamoto, org.). Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois.
- Vazquez Diaz, J.(1987). Algunos Aspectos a Considerar en la Didatica del Calor. *Enseñanza de la Ciencias*, 5(3): 235-238.

INTERPRETAÇÕES DA MECÂNICA QUÂNTICA EM ALUNOS DO CURSO DE FÍSICA DA USP

Roberto Luiz Montenegro¹ (*montenegro@if.usp.br*)

Oswaldo Pessoa Jr² (*osvaldo@bruc.unicamp.br*)

1 - Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP

2 - CLE - Campinas e Instituto de Física da USP

1) Introdução

O que é um vetor de estado? A função de onda de uma entidade quântica possui ou não realidade? Qual o significado do princípio de incerteza? Esta e outras perguntas fazem parte do imaginário de boa parte dos alunos de Física Quântica.

A Mecânica Quântica é uma vertente da Física sustentada por uma sólida teoria matemática, e que, desde seu nascimento, tem conseguido explicar com sucesso muitos fenômenos do universo microscópico. Porém, muitas questões fundamentais, como as levantadas acima, ainda estão longe de serem resolvidas; mais ou menos como na época da controvérsia, na filosofia grega, entre os atomistas e holistas, os cientistas e filósofos da ciência contemporâneos perseguem ainda a compreensão do estranho mundo dos objetos microscópicos. Por isso, podemos afirmar que a Teoria Quântica não é uma teoria fechada, no sentido de que há ainda na mesma problemas epistemológicos sem solução.

Este estado de coisas, que começou nos primórdios da Mecânica Quântica, fez surgirem diversas interpretações distintas a respeito dela, as quais chamamos de “interpretações sistematizadas”. Dentre todas as interpretações sistematizadas da Teoria Quântica, a mais popular e aceita entre os físicos, sem dúvida, é a de Copenhague, formulada por Niels Bohr e publicada em 1928. Porém, e principalmente após a publicação do artigo de EPR, surgiram muitas outras, dentre as quais podemos citar a dos Coletivos Estatísticos, a do Muitos Mundos, de Hugh Everett e a Mecânica Bohmiana. Outras interpretações nasceram praticamente juntas com a Teoria Quântica, como a Interpretação Ondulatória, devida a Erwin Schrödinger e a da Dupla Solução, de Louis de Broglie.

Os alunos de Mecânica Quântica, acreditamos, possuem algum tipo de interpretação acerca da mesma, a qual denominamos “interpretação privada”. Tentaremos, no desenrolar do nosso trabalho, captar as diversas interpretações privadas dos alunos, através de questionários dirigidos e com questões de múltipla-escolha. Dentre os aspectos que desejamos explorar estão a influência do professor nas interpretações dos alunos e a relação entre estas e as interpretações sistematizadas já existentes.

O presente trabalho de mestrado em Ensino de Ciências, modalidade Física, está sendo desenvolvido no Instituto de Física da USP em parceria com a Faculdade de Educação, e com os alunos do curso de Bacharelado em Física, sob a orientação do Prof. Osvaldo Frota Pessoa Jr., e apoio financeiro da FAPESP.

II) Breve Retrospecto das Interpretações da Teoria Quântica

Desde que a Teoria Quântica foi criada e sistematizada matematicamente por Heisenberg e outros físicos, várias controvérsias foram levantadas a respeito da imagem de mundo que ela pode nos proporcionar. Isto levou diversos eminentes físicos a criarem interpretações diferentes e, em geral, consistentes com o formalismo matemático da Teoria Quântica.

Talvez a mais famosa interpretação, e a mais aceita ainda entre os físicos profissionais, seja a de Copenhague, formulada pelo físico dinamarquês Niels Bohr em 1928, e que, de maneira sucinta, propugna que a Física só pode descrever a realidade que é observada. Seu mais profundo opositor foi um físico não menos famoso, Albert Einstein. De fato, a controvérsia entre Einstein e Bohr perdurou até os últimos anos de suas vidas{dois} .

Desde então, mais de uma dezena de novas interpretações surgiram, e os físicos do mundo inteiro se dividiram ao escolherem uma delas. Porém, a despeito do grande número de interpretações, pode-se, de maneira geral, abarcá-las dentro de duas tradições filosóficas, chamadas Realismo e Positivismo. De maneira muito simplificada, podemos definir a tese realista como sendo a crença na existência das coisas em si, independentemente de um observador, e a crença de que essas coisas em si possam ser conhecidas. Entre os filósofos gregos, Platão era um realista, com relação ao seu “mundo das idéias”, onde existiriam as coisas perfeitas a priori. Também os atomistas gregos podem ser considerados realistas, por acreditarem na existência de átomos, mesmo sem poder vê-los. Na Física, temos exemplos clássicos de realistas, como James Clerk Maxwell e Ludwig Boltzmann. O positivismo, pelo contrário, é a tese de que só tem sentido nos referirmos às coisas enquanto elas forem observadas. Esta escola é herdeira do empirismo, que inclui Hume e John Stuart Mill. Exemplos de positivistas na Física Clássica são Ernst Mach, Pierre Duhem e Wilhelm Ostwald.

II.1) A Interpretação de Copenhague

Traçado o panorama filosófico geral, que perdura até hoje, podemos classificar a interpretação de Copenhague como positivista, por não aceitar que a Física Quântica possa descrever adequadamente uma entidade que não é medida. Bohr enfatizou a importância do aparato instrumental (ou seja, do observador) para a atribuição de realidade às entidades. Numa interpretação deste tipo, as probabilidades

desempenham um papel fundamental e a transição de estados que ocorre no momento da medição (conhecido como “colapso da função de onda”) é um postulado da teoria, sem explicação adicional.

A Interpretação de Copenhague surge com a noção, de Complementaridade. O princípio da Complementaridade surgiu da necessidade de se interpretar razoavelmente bem os resultados experimentais previstos pela teoria quântica. O alicerce principal do princípio da complementaridade está no “Postulado Quântico”, que diz que “qualquer processo microscópico possui uma descontinuidade essencial que não segue as previsões clássicas”{três} . Em outras palavras, a natureza trabalha aos saltos. Vemos aí uma clara ruptura com a física clássica, válida para corpos macroscópicos. Por outro lado, procurou-se preservar a Mecânica Clássica aplicada às partículas individuais através do princípio de correspondência (assim como o fez Einstein com a Teoria da Relatividade Restrita), conservando sua validade no limite para grandes números quânticos.

II.2) Outras Interpretações

A opinião de Einstein a respeito da teoria quântica era a de que ela estaria incompleta. Elaborou um argumento juntamente com Podolsky e Rosen{quatro}, defendendo que haveriam elementos de realidade que não são descritos pela teoria. Tal atitude é tipicamente realista. A visão de Einstein está próxima a de algumas interpretações realistas da teoria quântica, como a dos coletivos estatísticos e a da dupla solução.

Entre as principais interpretações realistas da Mecânica Quântica estão a interpretação Ondulatória, devida a Erwin Schrödinger, a da Dupla Solução e a corrente principal da interpretação dos Coletivos Estatísticos. A primeira é realista no sentido de atribuir uma realidade à função de onda; segundo esta interpretação, o elétron (e outras entidades quânticas) é uma onda, e desta maneira, possui as características das ondas, como a difração e a interferência. É desta interpretação que vem o termo “colapso”, para explicar o registro das entidades em aparelhos na forma de pontos, que corresponderiam a “pacotes de onda” localizados.

Outra interpretação realista é a da dupla solução, advogada por Louis de Broglie e posteriormente, numa versão diferente, por David Bohm. De Broglie postulou que o elétron é uma partícula com uma onda associada, que estaria localizado em algum ponto em que a amplitude fosse não nula. Assim, o elétron poderia se dividir em duas amplitudes de onda, porém, a partícula estaria sempre numa dessas metades, sendo que a outra metade consistiria apenas de uma onda vazia. O colapso é facilmente explicado, pela mera presença da partícula em uma dada região. Por isso esta interpretação dá realidade à entidade quântica, explicando-a em termos de onda e de partícula. Esta é um exemplo de Teoria de Variáveis Ocultas (TVO), que são hipóteses realistas que podem ou não ser consistentes com a Teoria Quântica. Em suma, tentam

driblar o indeterminismo ontológico do processo de medição, defendido pela interpretação de Copenhague. Talvez a célebre indagação de Einstein, “como pode Deus jogar dados?”, sirva para exemplificar o inconformismo dos realistas com esta indeterminação, e a busca da solução nas variáveis ocultas. Seriam estas as variáveis que determinariam o resultado de uma dada medição quântica, assim como acreditamos havê-las, a nível clássico, na determinação dos resultados num jogo de dados.

A interpretação dos Coletivos Estatísticos{cinco} é a interpretação que mais tem crescido entre os professores de Mecânica Quântica. Segundo esta interpretação, a Mecânica Quântica só pode descrever o comportamento de um coletivo (*ensemble*) de entidades quânticas, e nunca de uma entidade individual. As incertezas entre grandezas que não comutam são os desvios-padrões destas distribuições, sendo que o produto das mesmas deve ser menor ou igual à constante de Planck dividida por 4π . O realismo desta interpretação se encontra no fato de se poder supor que cada entidade quântica possui, antes da medida, um valor determinado, como, por exemplo, o valor do spin de átomos de prata antes de entrarem num analisador de Stern-Gerlach. Alguns autores, porém, assumem uma postura mais positivista (ou instrumentalista), atribuindo realidade apenas ao referente de um coletivo.

Podemos agora esclarecer a diferença que existe entre probabilidades “subjativa” e “objetiva” (ou “ontológica”). A primeira se refere apenas à nossa ignorância a respeito de um estado de coisas. A interpretação realista dos coletivos afirma que as probabilidades quânticas são subjetivas, ou seja, os observáveis já têm valores bem determinados antes de serem medidos, só que ignoramos quais sejam. Uma visão “objetiva” das probabilidades afirma que um estado de coisas é intrinsecamente indeterminado.

Uma maneira usada para tentar esclarecer isso é dizer que o estado exprime “potencialidades”, que teriam uma espécie de realidade. Só com a medição é que tais potencialidades se atualizariam. Após uma atualização de potencialidades, é possível supor que o valor medido para um observável sempre foi por ele possuído (antes da medição isso não pode ser suposto, devido aos efeitos de interferência que podem ser explorados). Tal hipótese foi considerada por Bohr e Heisenberg, e é chamada de “retrodição”. A retrodição é consistente com o formalismo quântico, e cada interpretação tem uma opinião ao seu respeito (a interpretação ondulatória a nega, ao passo que a da dupla solução e a dos coletivos a aceita).

III) Pesquisa em Sala de Aula

Iniciamos a coleta de dados em sala de aula, através de um questionário aplicado aos alunos de uma turma de Mecânica Quântica I.

Apresentamos três perguntas com resposta “aberta”, na esperança dos alunos revelarem traços de sua concepção intuitiva (interpretação privada) nas respostas. Constatamos, porém, que os alunos manipularam bem as frases prontas que aprenderam, e souberam esconder bem suas dúvidas e confusões. Propomo-nos agora, e até a apresentação do presente trabalho, a apresentar um questionário com respostas de múltipla escolha, cada resposta levando a novas perguntas, de maneira a precisarmos melhor o que pensam os alunos. Estamos cientes, no entanto, que neste processo o aluno poderá dar respostas que ele não daria espontaneamente.

As principais constatações a que chegamos são as seguintes:

Na experiência de dupla fenda para um único elétron, os alunos acertaram ao supor que haveria apenas um ponto de cintilação na tela, mas tiveram uma certa dificuldade de explicar o que acontecia com o “padrão de interferência”.

Com relação ao princípio de incerteza, pudemos constatar que, de maneira geral, há uma polarização entre a interpretação de Copenhague, que defende a impossibilidade de medições conjuntas, e a dos coletivos estatísticos, que mantém a hipótese realista da existência dos valores das grandezas x e p simultaneamente, os quais seriam “perturbados” pelo aparelho de medida.

A questão da retrodição foi respondida dizendo-se que mesmo após terminada a medição, o que havia antes era apenas “probabilidades”. Resta investigar se os alunos têm noção da diferença entre probabilidades “subjéctiva” e “objéctiva”, ou se apenas usaram uma “frase pronta” para resolver a questão.

Referências

- ¹ N.Bohr, “The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory”, *Nature* 121 (1928). (Traduzido para o português por Osvaldo Pessoa Jr.)
- ² Ver N. Bohr, “O Debate Com Einstein Sobre Problemas Epistemológicos na Física Atômica” (1949), no livro “Física Atômica e Conhecimento Humano”, ed. Contraponto - RJ (1995). Este livro reúne artigos de Bohr de 1932 a 1957.
- ³ N. Bohr, op. Cit., pg. 53
- ⁴ Einstein, Podolsky, Rosen, “Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?” in *Physical Review*, 47, 777-80 (1935).
- ⁵ Sobre esta interpretação, pode-se consultar o artigo de L. E. Ballentine, “The Statistical Interpretation of Quantum Mechanics” in *Reviews of Modern Physics*, vol. 42, nº 4 (1970).

UM INSTRUMENTO PARA IDENTIFICAR ELEMENTOS DE UM MAPA CONCEITUAL

Rebeca Vilas Boas Cardoso de Oliveira¹, Yassuko Hosoume²

1 IFUSP/FEUSP

2 Instituto de Física da Universidade de São Paulo

I - Introdução

Uma teoria física tem uma estrutura interna, ou seja, os princípios, conceitos, hipóteses, leis que compõem a teoria são passíveis de uma estruturação. Esta estrutura pode ser representada num mapa conceitual, que contém os elementos da teoria e explicita as relações entre eles. Os elementos são os princípios, os conceitos, as leis, as hipóteses e as propriedades; as relações estabelecidas são dadas pelo formalismo matemático, pela lógica. Cada um constrói seu mapa particular, ou seja, é o conhecimento que se tem da teoria que permite a escolha de elementos que irão compor o mapa, a articulação entre eles e que conteúdo será privilegiado. Sendo individual, o mapa é significativo para quem o compôs pois diz respeito a uma estruturação particular. Qual a importância de um mapa conceitual na compreensão da própria teoria e no contexto do ensino de Física? Quando se conhece o mapa, além de se ter consciência de uma estrutura da teoria, este conhecimento estruturado possibilita uma visão global (espacial) e abrangente da mesma. Sendo o ensino um processo diacrônico, o professor faz escolhas de caminhos, escolhas essas que contém implicitamente uma visão da teoria, e o conhecimento é apresentado linearmente. Aprender exige uma reconstrução espacial desta sequência linear por parte dos alunos. Ao estudante cabe a construção de uma estrutura particular a partir de elementos obtidos numa sequência linear/temporal⁷. Que similaridades possuem os mapas conceituais dos professores de Física? Ou seja, que elementos da teoria participam destes mapas? Que tipo de relação se estabelece entre os conceitos?

Este trabalho busca procedimentos que possibilitem a construção de mapas conceituais de professores de Física. O conteúdo abordado foi a Mecânica Clássica.

II - O Instrumento Elaborado

Primeiramente tentou-se obter elementos que caracterizassem um mapa conceitual com instrumentos utilizados em pesquisas com conceitos intuitivos. Sem sucesso, construiu-se matrizes⁸ que relacionavam

⁷Robilotta, M. R., Construção e Realidade no Ensino de Física, mimeo, 1994.

⁸Salém, S., Estruturas Conceituais no Ensino de Física: uma aplicação à Eletrostática, Dissertação de Mestrado, 1984.

elementos da Física, elementos da Física com elementos do cotidiano ou, ainda, apenas elementos do cotidiano. Esta tentativa também não foi bem sucedida.

O procedimento mais adequado foi a realização de entrevistas individuais que articulavam estruturas de conhecimento de elementos do cotidiano e de elementos do conhecimento físico.

Na primeira parte, era solicitado ao professor que desenhasse no papel (o tamanho do papel ficava a critério do entrevistado) a sua cidade ou um bairro da cidade no qual ele se sentisse bastante à vontade. Com o mapa regional em mãos, o entrevistador questionava o entrevistado sobre os principais pontos de referência da região, sobre o comércio local, sobre a importância da(s) Igreja(s), das escolas, do cemitério; sobre as ruas e avenidas mais movimentadas, sobre os possíveis caminhos para se cruzar a região indo de um lugar a outro etc.

Então, tentava-se criar uma analogia entre o mapa regional e o mapa conceitual da Mecânica Clássica, aquele que, como o regional, teria pontos de referências (conceitos, leis, princípios, hipóteses) e caminhos pelos quais poder-se-ia "cruzar" a teoria. O entrevistado teria que tentar colocar no mapa aquele conjunto de conhecimento que ele entende como sendo a Mecânica Clássica. Para facilitar a confecção, o professor poderia utilizar o *post-it*, que sendo autocolante facilitava alocar e realocar cada elemento no mapa. Feito o mapa, conversava-se sobre os elementos e suas posições, a importância dada a cada conteúdo e os possíveis caminhos que poderiam ser seguidos.

A última parte da entrevista tinha apenas uma pergunta: "Você identifica seu curso de Mecânica no seu mapa?" Apenas neste momento a prática do professor era solicitada, pois durante toda a entrevista a preocupação era com o seu conhecimento sobre a teoria.

III - Uma Aplicação

O instrumento foi aplicado para professores do 2º grau. Da amostra de 10 (dez) professores, 5 (cinco) participaram das atividades de capacitação oferecidas pelo GREF (*grupo A*), e os demais fizeram outros cursos de capacitação (*grupo B*).

Na primeira parte da entrevista, a construção do mapa regional surpreendeu alguns entrevistados durante o questionamento do mesmo, pois alguns pontos de referência considerados por eles importantes haviam ficado de fora, assim como algumas avenidas muito movimentadas. Enquanto alguns mapas representavam cidades ou bairros, outros acabavam por mostrar apenas quatro ou cinco quadras nas imediações da própria casas. Um dos mapas apareceu todo decorado com árvores: quando aglomeradas indicavam parte residencial mais rica; mais escassas, significavam a parte menos nobre e já não totalmente residencial. Esta parte da entrevista serviu como um momento de descontração e facilitou a compreensão do mapa conceitual.

A transição do mapa regional para o mapa conceitual foi encarada de forma tranqüila pelos entrevistados. Os primeiros resultados apontam diferenças significativas entre os dois grupos da amostra. A primeira diferença apresentou-se na tomada de dados: os professores do grupo A não utilizaram o *post-it* para compor o mapa da Mecânica, enquanto os demais usaram-no. Este é um dado interessante porque o *post-it* foi utilizado justamente devido a dificuldade em posicionar o elemento no mapa. Essa visão mais global possibilitou a sistematização do mapa conceitual num tempo menor e com mais "clareza" pelo grupo A; percebe-se, então, uma melhor articulação entre os elementos da teoria entre esses professores.

A seguir apresentamos mapas construídos pelos professores: dois de cada grupo.

Os professores do grupo B apresentaram como elementos da Mecânica conceitos de cinemática, de dinâmica de translação e de conservação de energia. As leis de Newton recebem destaque, mas não se articulam com a conservação do momento linear. Nenhum elemento de rotação aparece no mapa.

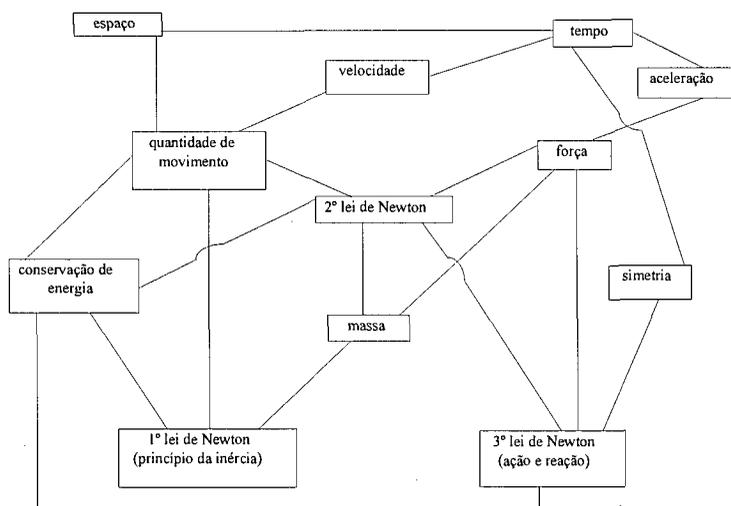


Figura 1: Mapa construído pelo professor do grupo B.

Como discutido no V EPEF⁹, mais significativo que a quantidade de elementos presentes no mapa são as relações que se estabelecem entre eles, pois são estas que dão consistência à teoria. Por exemplo, embora as leis de Newton estejam ancoradas nas leis de conservação (simetrias) da Mecânica, não é sempre que se estabelece um caminho de ida e volta da

⁹Oliveira, R. V. B. C. e Hosoume, Y., *Estrutura da Mecânica: Visão de Mundo e de Educação*, V EPEF, 1996.

primeira para a segunda. No mapa da Fig. 1 existe o elemento simetria embora não seja mencionada a conservação do momento angular.

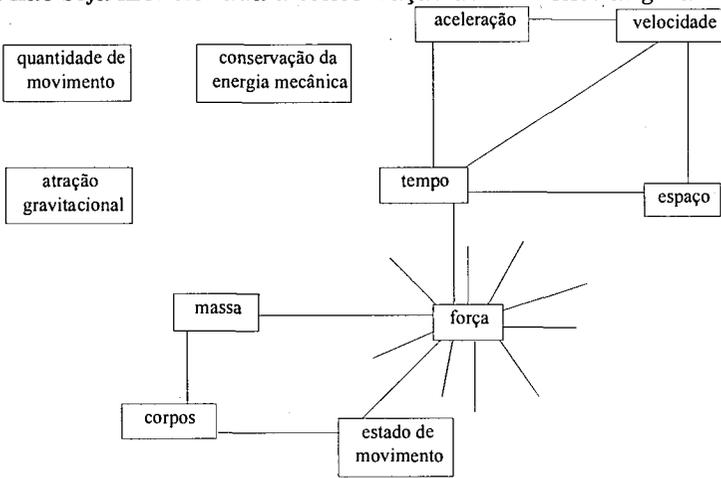


Figura 2: Mapa construído pelo professor do grupo B.

No mapa da fig. 2, fica claro a ausência de relações a serem estabelecidas entre os elementos do mapa. Existem vários quadros cujos elementos não são ligados a nenhum outro conceito, ou seja, fazem parte da teoria, mas não fica claro qual a sua importância. Do conceito força partem várias linhas que se perdem no mapa, sem estabelecer relação alguma.

Os professores do grupo A apresentaram a teoria da Mecânica Clássica com mais elementos; elementos estes importantes na estruturação desta teoria.

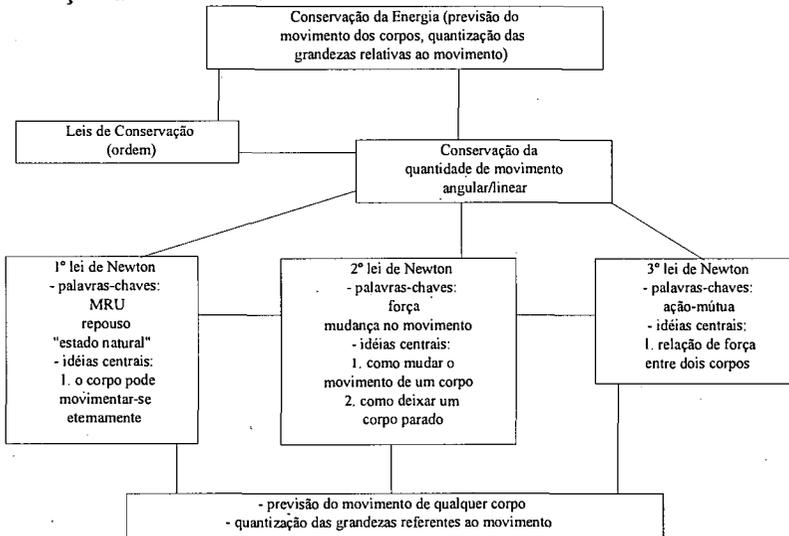


Figura 3: Mapa construído pelo professor do grupo A.

As leis de conservação aparecem com um papel significativo no conteúdo a ser ensinado. Os elementos de rotação ganham igual importância dos elementos de translação, e aparecem lado a lado no mapa. As leis de conservação estão sempre presentes e se articulam com os demais elementos da teoria. Existe uma melhor articulação das partes no todo, implicando uma visão menos fragmentada da teoria.

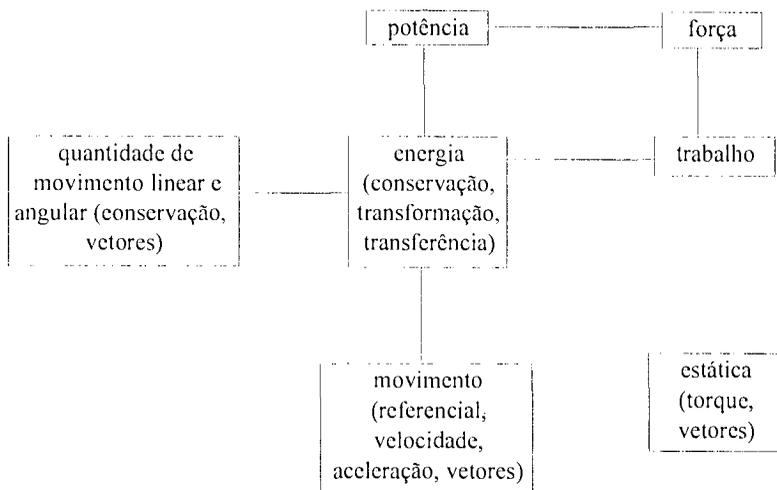


Figura 4: Mapa construído pelo professor do grupo A.

Quando questionados se o seu curso estava no mapa, muitos ficaram felizes por encontrá-lo muito bem alocado no seu mapa. Embora os elementos abordados sejam alocados de diferentes maneiras no mapa (cada professor tem o seu mapa), o grupo B estabelece um padrão: quando questionados sobre a sua prática, os elementos "saltam do mapa" na seqüência linear dos livros didáticos mais conhecidos. Na verdade admitem a existência de pré-requisitos e consideram-no importante para o aprendizado. O grupo A aceita a idéia de que não existe uma seqüência pré-estabelecida, cabendo ao professor, de acordo com seus alunos, criá-la.

IV - Algumas Considerações

Este instrumento apresentou-se bastante satisfatório para a identificação de uma possível estrutura conceitual. A primeira parte (construção de um mapa regional) serviu como um desinibidor, aproximando o entrevistado e o entrevistador, criando uma situação de empatia. Além disso, as entrevistas foram curtas e não foi necessário filmá-las ou gravá-las. A simplicidade deste instrumento, comparando com as outras tentativas, também contribuiu para um maior predisposição do entrevistado. A segunda parte da entrevista, a parte mais importante

para a tomada de dados, também discorreu de forma bastante tranqüila, pois foi possível fazer a analogia do mapa regional para o mapa conceitual. A não familiaridade com as idéias de estrutura e mapa conceituais não colocou empecilhos no desenvolvimento da entrevista. Também não houve constrangimento com a possibilidade de "não se saber" a teoria da Mecânica Clássica.

Com a construção dos mapas foi possível constatar algumas diferenças entre os dois grupos da amostra. A teoria da Mecânica possui um número menor de elementos para os professores do grupo B. Além disso, estes elementos se articulam de forma linear ou não se articulam. No grupo A os elementos abordados são diferentes e existe uma relação entre eles, existe uma articulação no todo. O professor que participou dos cursos de capacitação do GREF tem uma visão menos fragmentada da teoria por articular os conceitos de forma mais global. Foi possível observar que estas diferentes maneiras de articular os conceitos traduz uma visão de Mecânica diferente entre os professores do grupo A e do grupo B.

V - Bibliografia

- Oliveira, R. V. B. C. e Hosoume, Y., *Estrutura da Mecânica: Visão de Mundo e de Educação*, V EPEF, 1996;
- Robilotta, M. R., *Construção e Realidade no Ensino de Física*, mimeo, 1994;
- Salém, S., *Estruturas Conceituais no Ensino de Física: uma aplicação à Eletrostática*, Dissertação de Mestrado, 1984.

REFORMULAÇÃO DO CURRÍCULO DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO EM MINAS GERAIS: VERSÃO PRELIMINAR DO CURRÍCULO PROPOSTO

Oto Neri Borges - (*oto@coltec.ufmg.br*)¹

Antônio Tarciso Borges - (*tarciso@coltec.ufmg.br*)¹

Arthur Eugênio Quintão Gomes - (*arthur@coltec.ufmg.br*)¹

Eduardo Adolfo Terrazzan²

1- Colégio Técnico, CECIMIG/UFMG

2 - UFSM

I - Introdução

A Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais está desenvolvendo a primeira fase do Programa-piloto de Inovação Curricular e Capacitação Docente para o Ensino, contemplando oito disciplinas da base nacional curricular comum: Física, Química, Biologia, Matemática, Português, Inglês, Geografia e História. Nessa primeira fase, serão desenvolvidas três ações básicas e interligadas: a definição de uma nova proposta curricular para cada uma das disciplinas; a capacitação de docentes da rede pública estadual que atuam nas disciplinas e a produção de materiais e recursos didáticos necessários para a implementação das inovações curriculares. Nesse trabalho descrevemos a proposta curricular preliminar que foi desenvolvida e que está sendo discutida com os participantes desse projeto-piloto.

O currículo de uma disciplina do ensino médio implementado não é um valor universal, válido para todas as escolas e circunstâncias. Ao contrário, o currículo é histórico e determinado por um conjunto complexo de fatores: contexto escolar, valores socialmente aceitos, influências de diversos grupos sociais, estado de preparação do corpo docente, disponibilidade de materiais didáticos e outros recursos instrucionais, condições de funcionamento das escolas, políticas definidas por autoridades educacionais públicas, anseios e expectativas sobre o papel da escola e da disciplina, etc. Desta forma, pode-se dizer que há e deve haver, no mínimo, tantos currículos implementados quanto são as escolas. Além disto, não há uma relação de equivalência entre os currículos reais implementados e o currículo oficial, resultante da decisão da autoridade educacional do estado. Isto ocorre porque os currículos reais são expressões objetivas da capacidade do estado de implementar planos educacionais, enquanto que o currículo oficial expressa idealmente o nível de equilíbrio possível entre as pressões dos diversos grupos sociais com suas demandas e expectativas e a avaliação da autoridade pública sobre a sua capacidade de atender tais demandas e expectativas, bem como de implementar a proposta na prática. Neste trabalho adotamos uma aceção ampla para currículo: a palavra currículo designa o conjunto de orientações, objetivos, metas, programas, conteúdos

específicos em que o programa se desdobra, práticas pedagógicas, estratégias de ensino e recursos didáticos que, no caso dos currículos reais são utilizados no ensino de Física no dia a dia da sala de aula ou, no caso dos currículos oficiais, são prescritos ou recomendados.

Mas que pressões e expectativas são manifestas na atualidade? Há algumas poucas que podem ser claramente identificadas. Uma destas é aquela oriunda das universidades. Há uma insatisfação manifesta, principalmente entre professores dos ciclos básicos ou primeiros semestres dos diversos cursos, principalmente das profissões ligadas à ciências e tecnologia, com o nível dos alunos egressos do ensino médio. Esta insatisfação gera dois movimentos distintos: por um lado clama-se por um ensino que privilegie um domínio, com maior profundidade, dos conteúdos científicos e o desenvolvimento daquelas habilidades cognitivas e procedurais relevantes para a formação de cientistas e tecnólogos. Por outro lado, algumas comissões de vestibular estudam ou promovem alterações nos programas destes concursos, na esperança de orientarem o ensino médio.

Outras pressões também podem ser identificadas: empresários dos diversos setores econômicos estão manifestando-se em prol da ampliação do atendimento da demanda pelo segundo grau e pela melhoria, em termos genéricos, da formação escolar. Uma pesquisa recente realizada pelo MEC indicou que os pais de alunos confiam muito nos professores e na escola, mas que uma grande maioria deseja uma escola que preparasse melhor os alunos para o mundo do trabalho, ou seja, deseja maior número de escolas profissionalizantes. Este desejo expressa a vontade de que o ensino médio aumente o potencial de empregabilidade dos seus egressos. Os currículos atuais também não satisfazem as expectativas das autoridades públicas da área educacional: os processos de avaliação escolar, através da aplicação de testes padronizados de aferição da aprendizagem têm revelado resultados preocupantes. O Ministério de Educação e Cultura divulgou recentemente uma proposta de regulamentação da estrutura curricular do ensino médio. Do ponto de vista interno, nas escolas percebe-se uma crescente insatisfação de alunos com os currículos de Física, que se manifesta através da pequena popularidade desta disciplina entre os alunos, bem como uma insatisfação por parte dos professores com a aprendizagem dos alunos. Todas essas pressões configuram um ambiente propício à mudança do currículo de Física do ensino médio.

II - O Currículo que queremos

O currículo oficial, atualmente utilizado em Minas Gerais, ainda que não seja normativo, mas tão somente uma recomendação, e os currículos implementados nas escolas, por diversas razões, não são satisfatórios. Podemos apontar duas críticas principais aos currículos atuais: a primeira delas refere-se ao fato dos currículos reais

implementados apresentarem a Física dos séculos passados, principalmente dos séculos XVII, XVIII e XIX, dando, no máximo, uma ligeira pincelada na Física do início deste século. A outra crítica importante é a de que os currículos são excessivamente centrados na repetição sistemática de exercícios numéricos. Podemos concordar com a necessidade de que algum treinamento neste sentido em qualquer curso de Física. Entretanto, a ênfase exagerada nesta estratégia, acaba limitando a gama de assuntos abordados e, por outro lado, não favorece a percepção, pelos alunos, do caráter racional das explicações físicas. Em decorrência da ênfase na repetição de exercícios, o número de estratégias pedagógicas é limitado, o que não contempla a diversidade de estilos de aprendizagem dos alunos e tão pouco a diversidade de seus interesses e necessidades.

O currículo que queremos deve estar voltado para a educação geral do cidadão, independentemente de sua futura profissão, ao mesmo tempo que possibilita o aprendizado dos conhecimentos e habilidades essenciais da Física em nível suficientemente profundo para permitir aos alunos interessados prosseguirem sua educação superior em carreiras tecnológicas ou científicas. Se de fato almejamos contribuir para a formação geral de todo cidadão não podemos construir um currículo fortemente centrado em uma abordagem que, essencialmente, é importante apenas para aqueles alunos que seguirão carreiras profissionais nas áreas tecnológicas e científicas. Ao contrário, o currículo deverá ser mais generoso e abarcar uma gama mais ampla de interesses e estilos de aprendizagem.

Devemos vislumbrar o currículo como espaço de desenvolvimento de competências cognitivas, competências práticas e competências sociais que todo cidadão deva ter. O currículo também é o espaço de desenvolver a capacidade de descrever e interpretar a realidade, e de planejar ações e desenvolvimento da capacidade de agir sobre o real. Um currículo com uma tal orientação contribuirá para que o estudante aprenda e aprecie a forma como a Física constroa descrições e explicações, as estratégias que são empregadas nesta área de conhecimento, como a Física constroa relações entre conceitos e fenômenos.

É igualmente importante que o estudante tenha uma compreensão mais geral do objeto de estudo da Física e aprecie a forma como ela influencia outras áreas da ciência e da cultura. É desejável também que o estudante compreenda como a nossa visão de mundo vai se alterando à medida que a Física se desenvolve. Neste sentido é importante que o currículo busque incorporar desenvolvimentos da Física que ocorreram neste século, trazendo a Física do segundo grau para mais próximo da Física que os físicos fazem atualmente.

Por outro lado o currículo deve propiciar ao estudante experiências vivenciais com a tecnologia que faça uso maciço da Física, principalmente artefatos tecnológicos. Neste caso a idéia importante a ser apreciada é a de objetos feitos com um propósito bem definido, as soluções utilizadas e o

impacto social e econômico destas soluções. Nesta perspectiva os artefatos e soluções tecnológicas têm um valor próprio, e não são apenas elementos de motivação na sala de aula.

É exatamente o desenvolvimento da tecnologia, trazendo consigo enormes avanços na produção de sensores e transdutores, barateando o seu custo e o vertiginoso desenvolvimento da informática, que possibilita que a Física escolar possa se aproximar cada vez mais da Física do mundo real, das coisas cotidianas. Temos chances e desejamos um currículo menos anódino, limpo e adequado apenas para um mundo idealizado que não existe em lugar nenhum. Por exemplo, o currículo pode incorporar o estudo da queda dos corpos, tratando-os como corpos que caem em um planeta mais real, com atmosfera, ainda que faça isto utilizando alguns modelos, mas estes já serão modelos mais realistas, mais complexos e aplicáveis a situações práticas. Isso é preferível a lidar apenas com um planeta ideal, sem atmosfera.

O currículo deve contribuir para aumentar as habilidades de comunicação e julgamento crítico do estudante, preparando-o para ambientes de trabalho que utilizam intensamente informações.

Um currículo voltado para a formação geral do cidadão deve utilizar um maior número de estratégias de ensino, que contemplem a diversidade de estilos de aprendizagem, elementos de motivação e interesses profissionais futuros.

O novo currículo deve incorporar o máximo de novas temáticas e estratégias de ensino possível mas ainda assim deve ser reconhecido como uma evolução do currículo atual, ou seja, os traços herdados do currículo atual devem ser suficientemente delineados para que todos, professores, alunos, pais de alunos, universidades, empresários e autoridades educacionais reconheçam nele traços do antigo currículo oficial.

III - Linhas de desenvolvimento curricular

Ao desenharmos uma proposta de currículo devemos levar em conta as características gerais que pretendemos para o currículo, bem como os objetivos e metas que traçamos para ele. Como Roberts (1995) argumenta, é importante que esses aspectos normativos do currículo tenham uma estreita correspondência com os conteúdos selecionados. Partindo da diversidade de escolas que compõem a rede pública mineira, reconhecendo a distância entre currículos reais e oficiais, e a necessidade de aproximarmos currículos reais do currículo oficial, acreditamos que a característica básica do currículo deva ser a flexibilidade. O currículo deve ser flexível na seleção de conteúdos e composição de programas, assim como na implementação na sala de aula. Entretanto, precisamos municiar o professor com critérios de decisão claros. Ou seja, o currículo deve ser flexível, mas deve existir um conjunto de orientações claras,

ainda que sujeitas à negociação. Mas o aspecto crítico é aquele relacionado à critérios de seleção de conteúdo.

Para lidar com a seleção de conteúdos, preferimos traduzir os objetivos anteriores em linhas de desenvolvimento curricular. Elas ainda são abstratas para o professor, pelo que precisam ser traduzidas em critérios de decisão mais concretos, que denominamos eixos de organização curricular. Tanto as linhas de desenvolvimento quanto os eixos de organização curricular servem para explicitar o que se valoriza no currículo, mas fazem isso em contextos distintos. As linhas de desenvolvimento curricular são importantes no momento da seleção do conjunto de conteúdos mínimos e compulsórios, bem como do conjunto complementar de conteúdos possíveis. Já os eixos de organização curricular são importantes na composição de programas específicos para cada escola, segundo seu projeto pedagógico.

Propusemos, então, um currículo com as seguintes características:

1. Há flexibilidade na composição do programa

Haverá um programa mínimo, compulsório, que todas as escolas devem cumprir. Adotamos o conceito de unidades temáticas descrito em outro trabalho [Borges et al, 1996], de tal forma que o conteúdo do currículo materializa-se nas unidades temáticas. As unidades que compõem o programa mínimo serão selecionadas após uma discussão prévia com os professores de Física da rede pública estadual, que estão participando do Programa-piloto de Inovação Curricular e Capacitação Docente para o Ensino Médio, bem como após a definição do núcleo curricular comum nacional pelo MEC. As unidades constantes desse programa mínimo comum deverão ser lecionadas em todas as escolas.

Haverá um Programa complementar, que é o conjunto de unidades temáticas dentre as quais o professor faz as escolhas para complementar seu programa, adequando-o ao projeto pedagógico da escola.

Quadro 1 - Exemplos de quatro unidades diferentes que referem-se à mesma temática, mas com enfoques curriculares distintos.

Unid.	Título	Descrição
1	Refrigeradores domésticos	Descrição do funcionamento do ponto de vista do sistema. Estudo fenomenológico. Formalização com uso do diagrama PV.
2	Motores a explosão	Descrição do funcionamento do ponto de vista do sistema. Estudo fenomenológico. Formalização com uso do diagrama PV.
3	Princípios físicos das máquinas térmicas	Máquina ideal. Diagramas PV. Ciclo de Carnot. Ciclos de máquinas reais: alguns exemplos. Rendimento. Entropia e 2ª Lei de Termodinâmica.
4.	Existe uma máquina que produz energia?	Motos contínuos de primeira e segunda espécie. Definições e análise de alguns exemplos históricos. Limitações impostas pela natureza. Formulações equivalentes para a 2ª Lei da Termodinâmica. A 3ª Lei de Termodinâmica e a impossibilidade do zero absoluto.

2. Há flexibilidade na implementação de cada unidade temática

Um mesmo tema pode ser desenvolvido segundo diversos enfoques curriculares: privilegiando a contextualização tecnológica e social, privilegiando a contextualização histórica, favorecendo mudanças conceituais, etc. Exemplos: o tema Segunda Lei da Termodinâmica é tratado em quatro unidades temáticas diferentes, cada uma delas com um enfoque curricular, como mostra o quadro 1.

3. Há flexibilidade em cada unidade temática

O modelo de material didático com que trabalhamos centra-se com o conceito de **unidade temática** [Borges et al, 1996; Borges e Borges, 1997], uma forma muito flexível de material didático, facilmente adaptável aos diversos contextos escolares em que pode ser utilizado. Uma unidade dessas contém um conjunto de folhas de atividades que, em geral, é maior que a possibilidade real de uso. Isso é feito para incentivar o professor a fazer escolhas de forma a adequar a unidade ao seu contexto de trabalho e a assumir a responsabilidade pelas decisões que afetam sua sala de aula.

4. Há diretrizes claras, ainda que sujeitas à negociação.

Procura-se dotar o professor de um conjunto de critérios de decisão que aumente seu poder de decisão, bem como seu controle sobre o que valorizar no currículo. Tais critérios se operacionalizam nos cinco eixos de organização curricular, descritos mais adiante.

IV - Linhas de Desenvolvimento curricular

Adotamos três linhas de desenvolvimento curricular. A primeira linha de orientação curricular trata das questões ontológicas, isto é, trata do reconhecimento dos entes físicos, da elaboração das descrições físicas, da construção dos conceitos e das explicações causais, da evolução da visão de mundo. Ela trata do infinitamente pequeno e do infinitamente grande. Nesta linha são importantes as propriedades da matéria, as leis de evolução (leis da dinâmica e de conservação), a estrutura em larga escala do universo (teorias de gravitação) e na escala microscópica (modelos atômicos), sistemas formados de poucos corpos e por uma infinidade de corpos (modelos estatísticos de gases, da condução elétrica). Esta é a linha que herda parte do currículo atual mas a expande incorporando novas temáticas. Como novidades destacamos os temas das concepções de mundo newtoniana, relativística e quântica, bem como as teorias da relatividade e de gravitação de Einstein, ciclo de evolução das estrelas, as propriedades mecânicas, térmicas, óticas e elétricas da matéria.

Nesta linha a experimentação desempenha um papel importante por duas razões: a primeira é que a experimentação é parte fundamental das estratégias de construção do conhecimento físico e a segunda é que na busca de compreensão racional do mundo a Física sempre deve se reportar ao mundo real para contrastar explicações e realidade empírica.

No primeiro caso a experimentação possibilita o desenvolvimento de algumas competências procedurais e cognitivas que são fundamentais para a elaboração de explicações causais dos fenômenos. Por outro lado, há experiências que são marcantes do ponto de vista de construção de conceitos - por exemplo, defletir um feixe de elétrons usando uma ímã permanente - e na ampliação do mundo cognoscível, seja medindo aquilo que não vemos - por exemplo, a corrente elétrica - seja através de "experiências de pensamento". No segundo caso, destaca-se o processo de mensuração de grandezas como essencial para comparar explicações e realidade.

A segunda linha de orientação curricular é a de comunicação. Nesta linha o essencial é expandir os horizontes de imaginação do estudante, tanto fenomenológico quanto conceitual, expandir sua capacidade de descrição (vocabulário), de representação simbólica e o seu arsenal de artefatos cognitivos (gráficos, tabelas, equações). É no contexto desta linha que devemos introduzir o uso de planilhas eletrônicas, simulações, vídeos, atividades práticas. Também é esta linha que fundamenta a introdução dos gráficos de fase (gráficos velocidade versus posição) que são importantes nos contextos atuais da Física - por exemplo, no estudo de sistemas não-lineares - a introdução de algoritmos de solução numérica de equações e de exercícios do tipo interpretação de textos e redação. Do ponto de vista de atividades práticas, destaca-se a necessidade de consenso sobre processos de mensuração das grandezas físicas e de padronização de procedimentos e unidades utilizadas.

A terceira linha de orientação curricular é a da tecnologia, isto é, trata de usar a Física para fazer algo com propósito bem definido. Aqui trata-se de entender a lógica e a Física subjacente a algumas soluções tecnológicas. Mas estas têm um valor em si mesmas, são importantes pelo seu potencial heurístico não sendo, pois, tratadas como meros objetos motivadores. Contribuem para desenvolver um senso de como é possível articular explicações racionais e princípios universais com conhecimento circunstancial para produzir artefatos que potencializam a ação humana sobre a natureza. Os temas selecionados devem ir desde tecnologias antigas, mas ainda hoje fundamentais no mundo real (máquinas simples, refrigeradores, motores) ao desvendar de tecnologias recentes, tão misteriosas quanto importantes, como o funcionamento de um microcomputador, dos sistemas de telecomunicações e de distribuição de energia elétrica, passando pela mecânica de robots, controle posicional de satélites, eletrônica básica e sensores. As atividades práticas, nesta linha, deverão ser do tipo projetos e desenvolvimento de coisas que funcionam e têm um propósito definido.

V - A organização do currículo

Do ponto de vista da organização do currículo, as três linhas de orientação desdobram-se em cinco eixos de organização curricular:

Fundamentos da Física, Leis Gerais da Física, Estruturação Física do Universo, Tópicos Especiais de Física e Aspectos Tecnológicos e Sociais da Física. Os três primeiros eixos de organização curricular formam um núcleo curricular que contempla tanto a linha ontológica quanto a linha de comunicação.

O eixo **Fundamentos da Física** lida com os entes físicos fundamentais (entidades, grandezas e conceitos), descreve suas propriedades e estabelece as relações básicas entre eles. Neste contexto as relações entre grandezas físicas têm o caráter de leis empíricas ou particulares, isto é, formam um conjunto de conhecimento circunstancial, altamente dependente do contexto. Nas unidades temáticas que formam esse eixo são introduzidas o vocabulário essencial, os principais artefatos cognitivos (equações, fórmulas, gráficos, tabelas) e formas de representação. Tanto os aspectos de comunicação quanto os ontológicos são importantes e do ponto de vista de aprendizagem devem ter uma evolução simultânea ou em paralelo. Unidades típicas que compõem este eixo são as unidades de cinemática e as unidades de Física Ondulatória.

O eixo de organização curricular denominado **Leis Gerais da Física** trata também das relações entre os entes físicos, isto é, das relações entre entidades, grandezas físicas e conceitos. Entretanto, aqui são tratadas relações especiais, de natureza universal, que estruturam e organizam nossa compreensão do mundo físico. O conhecimento com que lidamos neste eixo é universal e independente de contextos. Os aspectos de comunicação enfatizados são os relacionados à compreensão das explicações físicas, isto é, das relações de causalidade. São unidades importantes deste eixo aquelas relacionadas às Leis de Newton, às Leis de Conservação e às Leis da Termodinâmica.

O eixo de organização curricular **Estruturação Física do Universo** trata daqueles conhecimentos empíricos que juntamente com as Leis Gerais da Física fundamentam nossa concepção do mundo físico, tanto em larga escala quanto na escala microscópica. Neste eixo curricular também são tratados a evolução das concepções de mundo e as relações da Física com outras áreas de conhecimento. Os aspectos de comunicação enfatizados relacionam-se à ampliação da imaginação e à compreensão das diferentes representações do universo utilizadas ao longo da história humana. Do ponto de vista ontológico este eixo está fortemente associado à segurança existencial do indivíduo.

O quarto eixo de organização curricular, denominado **Tópicos Especiais de Física**, aborda temas em que os aspectos descritivos não estão formalmente separados das explicações causais, isto é, o conhecimento circunstancial não foi separado do conhecimento universal, ainda que isto possa ser feito. Por exemplo, podemos tratar a Teoria da Relatividade de Einstein em duas unidades, uma tratando da cinemática relativística e outra da dinâmica relativística. Entretanto, esta abordagem não nos parece adequada ao ensino médio, pelo que preferimos manter uma única unidade lidando com este tema. Da mesma

forma trataremos de fenômenos não-lineares e caos. Este eixo contempla o enriquecimento do currículo com a incorporação de novas temáticas, sejam temáticas mais atuais, sejam temáticas que alargam os horizontes de aplicação da Física ou de compreensão do mundo físico, como por exemplo as unidades sobre Física e Biologia, sobre a Física do olho humano, sobre audição e fala, sobre música, dentre outras.

O último eixo, **Aspectos Tecnológicos e Sociais da Física**, trata tanto dos artefatos tecnológicos fortemente baseados na Física quanto dos grandes sistemas tecnológicos construídos pelo homem e que influenciam decisivamente nossa vida social, tais como, os sistemas de produção e distribuição de energia, de telecomunicação e transporte. No primeiro caso, a ênfase está em apreciar-se a própria solução tecnológica adotada e, no segundo, acrescenta-se as repercussões sociais das soluções adotadas. O primeiro conjunto de temas contribui para que os estudantes possam apreciar um modo de agir humano que muda as condições de nossa existência na Terra. São temas fortemente contextualizados e trazem o mundo real para o currículo. Já o segundo conjunto de temas é fortemente dependente dos juízos de valor, das crenças pessoais e das ideologias. São temas controversos e exigirão do professor perícia e prudência: é importante ressaltar a existência de múltiplos pontos de vista sobre cada um dos temas, e enfatizar a tolerância e a convivência pacífica entre pessoas com pontos de vista diferentes como valores básicos da vida democrática. Ao mesmo tempo é necessário perceber a existência e necessidade de mecanismos de mediação de conflitos de valores e interesses como o arcabouço da organização social da comunidade humana.

Expostas de forma tão compacta estas linhas de orientação e estes eixos de organização curricular podem parecer assustadores, irrealistas, impraticáveis e mesmo inadequados para o segundo grau. Mas isto é apenas aparência: as linhas e eixos são apenas diretrizes gerais, em cada escola o professor exercerá seu poder discricionário e esculpirá um currículo adequado ao seu ambiente cultural, suas condições de trabalho, seus interesses, os interesses dos alunos, de seus pais, etc. O currículo é, e precisa necessariamente ser, flexível para adaptar-se às condições reais em que é implementado. Entretanto, ao exercer seu poder de discriminação, o professor deverá orientar-se por estas diretrizes e buscar um currículo equilibrado escolhendo temas dos cinco eixos curriculares.

VI- Critérios para elaboração do programa proposto

Para fins de apresentação do programa optamos por aceitar uma subdivisão da Física em cinco áreas: Mecânica, Termodinâmica, Física ondulatória, Eletromagnetismo e Física Moderna. Entrementes, estas não são áreas estanques, contidas em si mesmas, pelo contrário, procuramos incorporar os conhecimentos de Física moderna em todas as áreas da Física. Para facilitar o reconhecimento do currículo

recomendamos que a Mecânica seja abordada na primeira série, Termodinâmica e Física Ondulatória na segunda série enquanto que Eletromagnetismo e Física Moderna sejam abordados na terceira série. Ressaltamos que esta não é a única forma possível de se organizar o conteúdo, é apenas a mais tradicional e é adotada para facilitar que o professor reconheça no novo currículo as traços marcantes do antigo currículo.

O programa destas áreas da Física é desdobrado nos eixos de organização curricular e cada eixo em unidades temáticas. Esta forma de organização do currículo permite que tenhamos mais clareza sobre o que estamos valorizando no currículo ao exercermos nosso poder de decisão. Foram propostas 30 unidades para a primeira série e 32 unidades para a segunda e a terceira séries, apresentadas em anexo. Desses conjuntos de unidades serão identificadas aquelas que comporão o programa mínimo, compulsório para todas as escolas da rede pública estadual e as demais comporão um programa complementar, de onde o professor selecionará as demais unidades que comporão a parte diversificada de seu programa, e para isso levará em conta o projeto pedagógico da sua escola.

Por outro lado queremos enfatizar que a organização das unidades por eixos curriculares não coincide, e nem pretende coincidir, com a ordem cronológica mais adequada à implementação do programas.

A ordem cronológica deve respeitar outros critérios advindos de um modelo de didática de Física. De um modo geral acreditamos que os aspectos descritivos e as relações empíricas devem preceder a apresentação das leis gerais da Física, ou seja, acreditamos ser mais eficaz partirmos do particular para o geral ao invés de procedermos dedutivamente, do geral para o particular.

Outra questão importante é o número de aulas que se deve alocar para cada unidade. Obviamente que isto está ligado à profundidade com que cada tema deve ser tratado, ao número total de aulas disponíveis, dificuldades específicas de aprendizagem, etc. Nas escolas em que há maior número de aulas ou em que há mais semanas úteis, o professor poderá alocar mais tempo para cada unidade ou aumentar o número de unidades temáticas utilizadas no currículo, baseado em seus interesses, nos interesses de seus alunos e no projeto pedagógico da escola.

Por outro lado cabe ressaltar que na unidade temática há mais material, principalmente atividades, do que é possível abordar no número de aulas sugerido. Enfatizamos que não advogamos que todas as atividades ou exercícios devam ser feitos ou solicitados dos alunos.

Há alguns aspectos que não foram enfaticamente explicitados, tais como as características dos materiais didáticos escritos e sobre as atividades práticas. Esses aspectos serão divulgados para o professor através de três unidades temáticas que a equipe de desenvolvimento do currículo elaborará para cada série do ensino médio. Tais unidade serão exemplares para o professor, no sentido de que mostram concretamente o que se pretende. Já foram desenvolvidas três dessas unidades, relativas à

primeira série do ensino médio. Nelas há a opção por um estilo de texto mais discursivo, como menos argumentos de cunho algébrico. Não se evita a matemática, mas também não se abusa desse estilo de argumentação. Há uma preocupação em se fazer um texto claro, que facilite a leitura, na linha sugerida por Fulgêncio e Liberato (1992). A importância das atividades práticas fica evidente nas unidades já desenvolvidas: grande número das atividades propostas são atividades práticas. Nessas atividades usamos tanto material de fácil aquisição quanto materiais com mais tecnologia incorporada, como sensores.

VII - Bibliografia

- BORGES, ANTÔNIO TARCISO; GOMES, ARTHUR EUGÊNIO QUINTÃO; TERRAZZAN, EDUARDO ADOLFO; BORGES, OTO NERI **Uma proposta de reformulação do Programa de Física para o ensino médio em Minas Gerais**. Belo Horizonte: SEE-MG, 1996. [mimeo.]
- ROBERTS, DOUGLAS A. Junior high school science transformed: analysing a science curriculum policy change. *International Journal of Science Education*, vol. 17, n°4, pag. 493-504, 1995.
- FULGÊNCIO, LÚCIA; LIBERATO, YARA. **Como facilitar a leitura**. São Paulo; Contexto, 1992. 99p.

Anexo:

Proposta Preliminar de Temas para o Currículo de Física da Escola Média

1ª Série

Unidade	Título Provisório	Classificação
1	Observando e analisando movimentos	FF
2	Conceitos básicos e formas de representação do movimento	FF
3	Movimentos compostos	LGF
4	Mudando o movimento	LGF
5.	Interações e Conservação do movimento	LGF
6	Resolução de problemas: aplicações das Leis de Newton	LGF
7	Modelos cosmológicos clássicos	EFU
8	Movimento em campos de força central	EFU
9	Força restauradora e movimento harmônico	TEF
10	Movimentos periódicos: amortecimento e ressonância	TEF
11	Controlando o movimento	TEF
12	Propriedades mecânicas da matéria	ATSF
13.	Sustentando o peso	ATSF
14	Aproveitando e eliminando o atrito	ATSF
15	A concepção de mundo newtoniana	EFU
16	Caos e não-linearidade	TEF
17	Forças fictícias	TEF
18	Conservação da energia	LGF
19	Resolução de problemas aplicações das Leis de Conservação	LGF
20	Colisões Bidimensionais	LGF
21	Tecnologias de produção da energia	ATSF
22	Conversores de energia	TEF
23	Energia e sociedade	ATSF
24	Teoria da relatividade de Einstein	TEF
25	Descrevendo rotações	FF
26	Compreendendo rotações	LGF
27	Empregando rotações e Conservação do momento angular	LGF
28	Máquinas Simples	ATSF
29	Sistemas de muitos corpos.	TEF
30	A concepção mecânica moderna do universo.	EFU

LEGENDAS

Fundamentos da Física - FF

Leis Gerais da Física - LGF

Estruturação Física do Universo - EFU

Tópicos Especiais em Física - TEF

Aspectos Tecnológicos e Sociais da Física - ATSF

Proposta Preliminar de Temas para o Currículo de Física da Escola Média

2ª Série

Unidade	Título Provisório	Classificação
1	Flutuação	FF
2	Fenômenos de transporte da matéria	TEF
3	Fenômenos de transporte de energia e momento	FF
4	Construção de termômetros	ATSF
5	Propriedades térmicas da matéria I	FF
6	Propriedades térmicas da matéria II	FF
7	Primeira Lei da Termodinâmica	LGF
8	Mudanças de fase	TEF
9	Prevendo o tempo	ATSF
10	Refrigeradores domésticos	ATSF
11	Motores a explosão	ATSF
12	Princípios físicos das máquinas térmicas	LGF
13	Modelo cinético dos gases	EFU
14	Estudo dos Sólidos	EFU
15	Nascimento e morte das estrelas	EFU
16	Existe uma máquina que produz energia?	LGF
17	A concepção termodinâmica do mundo	EFU
18	Física e Biologia	TEF
19	Movimento ondulatório	FF
20	Fenômenos ondulatórios	FF
21	Ondas sonoras	FF
22	Fala e audição humanas	TEF
23	A Música	TEF
24	Aplicações tecnológicas do som	ATSF
25	A natureza da luz	EFU
26	Ondas Eletromagnéticas	EFU
27	Interação da radiação com a matéria	FF
28	Capturando imagens	ATSF
29	Transmitindo informação à distância	ATSF
30	A Física do olhar	TEF
31	Lentes	ATSF
32	Espelhos	ATSF

LEGENDAS

Fundamentos da Física - FF

Leis Gerais da Física - LGF

Estruturação Física do Universo - EFU

Tópicos Especiais em Física - TEF

Aspectos Tecnológicos e Sociais da Física - ATSF

Proposta preliminar de temas para o currículo de física da escola média

3ª Série

Unidade	Título Provisório	Classificação
1	Compreendendo aparelhos e modelando circuitos	FF
2	Fornecendo energia e controlando o fluxo de energia num circuito	FF
3	Conservação e balanço energético em circuitos	LGF
4	Resistência elétrica	ATSF
5	Campo e Potencial elétrico em circuitos de corrente contínua	FF
6	Condução elétrica	EFU
7	Propriedades elétricas da matéria	TEF
8	Circuitos com dispositivos não lineares passivos.	TEF
9	Campos produzidos por cargas estáticas	LGF
10	Magnetismo em ação	FF
11	Corrente elétrica e magnetismo	LGF
12	Força magnética sobre cargas em movimento	TEF
13	Indução eletromagnética	LGF
14	Capacitores	TEF
15	Indutores	TEF
16	Corrente alternada	ATSF
17	A síntese eletromagnética de Maxwell	EFU
18	Condução elétrica em semicondutores	TEF
19	Eletrônica elementar	ATSF
20	Transformando grandezas físicas em sinais elétricos	ATSF
21	Controle de processos	ATSF
22	Computadores	ATSF
23	Telecomunicações	ATSF
24	Sistemas conceituais da física	EFU
25	Questões que a física clássica não resolve	FF
26	Radiações	TEF
27	Modelos de Estrutura da Matéria	EFU
28	Princípios básicos da teoria quântica da matéria	FF
29	Fenômenos complexos	TEF
30	Física de campos e partículas	EFU
31	Teorias cosmológicas modernas	EFU
32	A concepção quântica do mundo	EFU

LEGENDAS

Fundamentos da Física - FF

Leis Gerais da Física - LGF

Estruturação Física do Universo - EFU

Tópicos Especiais em Física - TEF

Aspectos Tecnológicos e Sociais da Física - ATSF

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO 2º GRAU

Isa Costa, Lucia da Cruz de Almeida e Marly da Silva Santos
Instituto de Física (IF) - Universidade Federal Fluminense (UFF)

1. Introdução

A inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio brasileiro tem chamado a atenção de diversos pesquisadores da área de ensino, sendo que, no início da década de 90 houve um aumento de pesquisas e publicações sobre este tema (Atas dos IX, X e XI SNEF; III, IV e V EPEF).

Nesses trabalhos fica patente a defasagem entre os conteúdos de Física ensinados na escola e os necessários para o entendimento do mundo contemporâneo. CARVALHO (1995), ao estudar os fatores que interferem no currículo de Física nesta década, afirma: "outra área que muito fortemente influencia o ensino de Física é provocada pelo grande desenvolvimento desta ciência nestas últimas décadas. Vivemos hoje um mundo altamente tecnológico - fibra ótica, código de barras, microcomputadores etc, etc, etc... - e o nosso ensino ainda está em Galileu, Newton, Ohm - ainda não chegou no século XX."

Não se pode negar que qualquer mudança no ensino depende, necessariamente, da atuação dos professores. É na sala de aula, na interação professor-aluno que os resultados das pesquisas em ensino poderão produzir os efeitos desejados.

Nesse sentido e visando trazer contribuições para a Introdução de Física Moderna e Contemporânea no 2º grau (IFMC), será apresentado neste trabalho o caminho que tem sido trilhado pelo Grupo de Pesquisa em Ensino de Física do IF-UFF (GPEF), tanto a nível de implementação de ações curriculares durante a Licenciatura quanto na formação continuada.

2. Por que Física Moderna e Contemporânea no ensino de 2º grau?

A justificativa para a IFMC tem se pautado basicamente na necessidade desses conteúdos para o entendimento e participação dos jovens no mundo contemporâneo, no papel da escola enquanto instituição transmissora de conteúdos historicamente construídos, e na questão da terminalidade do 2º grau para a maioria dos estudantes brasileiros.

Aprofundando o primeiro aspecto, AULER e TERRAZZAN (1995) consideram que:

"A dinâmica da Sociedade em que vivemos é, em grande parte, determinada pelo sistema ciência-tecnologia. Por isso, compreender leis e teorias físicas envolvidas no processo de funcionamento de aparatos tecnológicos, bem como na explicação de fenômenos

naturais, fazem parte das condições mínimas, básicas para uma participação consciente e transformadora nesta Sociedade”.

Sobre o papel da escola e do educador, nesta Sociedade, pode-se dizer que: “o educador seria aquele que deve propiciar às jovens gerações o encontro de seu lugar no mundo, para nele começar algo novo, para inovar”; transmitindo “o conjunto de conhecimentos e tradições que são a sua herança, preservando, ainda que possa parecer paradoxal, sua capacidade de inovação” (TERRAZZAN, 1996).

Por fim, cabe ressaltar que a questão da terminalidade no ensino médio não é apenas para os menos favorecidos que dificilmente ingressarão na Universidade. Em termos de Física seria a última oportunidade para muitos estudantes, que apesar de cursarem o 3º grau não optam por carreiras da área científico-tecnológica.

Percebe-se pela literatura, Encontros e Simpósios na área de ensino de Física que existe um consenso sobre a necessidade da IFMC, não acontecendo o mesmo quanto à forma de inserção.

3. Alternativas para a IFMC

Pesquisas têm indicado formas de viabilizar na prática a IFMC; em linhas gerais, elas se configuram em: explorar os limites clássicos, evitar referências aos modelos clássicos, ou na escolha de tópicos essenciais (TERRAZZAN, 1994).

Além disso, a IFMC vem sendo atrelada à questão da formação do professor, capaz de sustentar as novas tendências e orientações desses conteúdos e formas de abordagem, como se observa na V Reunião Latino-Americana de Ensino de Física, realizada em Gramado, em 1992, ocasião em que foram explicitamente postuladas recomendações a respeito da associação das duas pontas da problemática, ou seja, a formação do professor e a IFMC.

Nesta mesma linha de recomendação os participantes do Encontro Ensino de Física Moderna e Contemporânea a partir do 2º grau, realizado durante o XI Simpósio Nacional de Ensino de Física (1995), ressaltam que a estrutura curricular das licenciaturas e a formação continuada de professores “deverão contemplar tópicos de Física Moderna e Contemporânea e discutir sua transposição para este nível de ensino”. Reconhecendo no entanto que “são poucas as instituições, quer seja no Brasil, quer seja no exterior, que efetuaram modificações de suas estruturas curriculares, contemplando a capacitação do futuro docente para trabalhar conteúdos desse gênero”.

Nesse sentido, fica evidente o repensar sobre a duplicação de investimentos na educação: a má formação do professor vai alimentando sucessivas “reciclagens” em serviço. Só faz sentido propor atualização de professores, se paralelamente a Licenciatura também for discutida. Este

tem sido o fio condutor das ações implementadas pelo GPEF: atuar simultaneamente na graduação e na formação continuada.

Por outro lado, não se despreza o pressuposto de que a ação docente é fruto de construção pessoal e resultado de buscas e escolhas por caminhos já trilhados.

4. Ações do GPEF

Têm sido desenvolvidas, em duas frentes principais: curriculares e formação continuada.

4.1. Curriculares

A partir da implantação do currículo de 1991, foram introduzidas disciplinas voltadas para o tratamento de IFMC, tais como Evolução dos Conceitos da Física e Tópicos de Física Contemporânea. Além disso, o desdobramento da Instrumentação para o Ensino em três períodos letivos possibilitou a abordagem de IFMC, visando a sua futura incorporação na prática docente.

Da mesma forma tal procedimento foi adotado no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Ensino de Ciências (Modalidade Física).

As ações curriculares se traduzem em oportunidades que privilegiam: o aprofundamento do conteúdo específico, sem perder de vista a realidade do ensino médio; a reflexão sobre as diversas propostas para viabilizar a IFMC; a construção, ou reconstrução, de propostas individuais através de projetos-aula.

4.2. Extensionistas

Com o desenvolvimento do projeto Abordagens de Física Moderna e Contemporânea no 2º grau: Por que? Como?, financiado pela CAPES/FAPERJ, procurou-se atingir numa primeira etapa os seguintes objetivos, durante o I Workshop: sensibilizar professores e licenciandos para a IFMC; aprofundar conteúdos específicos desta parte da Física; selecionar seis participantes para desenvolver, como bolsistas de aperfeiçoamento, trabalho conjunto para elaboração de material didático, a ser testado em salas de aula do 2º grau; levantar os obstáculos e as possibilidades para a IFMC, visando dedobramentos em ações futuras.

5. Considerações finais

O material didático teórico-experimental produzido, abordou quatro temas de FMC. Este trabalho foi desenvolvido, sob orientação do GPEF, pelos seis bolsistas e por mais dois professores que se engajaram ao grupo.

Como diretriz para a produção do material, o grupo optou por conciliar artefatos existentes no cotidiano com os fundamentos da FMC que explicam o funcionamento dos mesmos. Além disso, propôs que a

inserção desses conteúdos ocorresse ao longo das três séries, associados aos assuntos constantes do programa tradicionalmente adotado nas escolas do RJ. Os temas finalmente escolhidos foram: A Física do Forno de Microondas; A Célula Fotoelétrica; A Física da Televisão; e a Dualidade Onda-Partícula.

Uma vez testado em sala de aula o material produzido, cada bolsista desempenhará o papel de divulgador do mesmo, ampliando o raio de ação do projeto durante o ano letivo de 1997.

Antes disso, foi feita a divulgação do material durante o Curso de Atualização "A Física Contemporânea no Cotidiano"; como desdobramento deste curso, serão selecionados 9 professores-bolsistas a nível de aperfeiçoamento, que aplicarão e elaborarão material didático sobre outros temas de FMC.

Uma outra estratégia que está sendo adotada pelo GPEF, para diminuir a defasagem entre o que se produz na Física e o que é ensinado no 2º grau, tem sido a de envolver professores - pesquisadores do IF-UFFnãs atividades extensionistas. Isto possibilitou a produção de 8 fitas de VHS e Caderno de textos sobre FMC, numa linguagem acessível aos alunos de 2º grau. O resultado mais significativo ainda está por ser alcançado, ou seja, a efetiva utilização de todo esse material em sala de aula, atingindo finalmente o alvo principal que é o aluno de 2º grau.

Bibliografia

ATAS DA V REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE ENSINO DE FÍSICA (1992), Gramado, RS.

ATAS DO IX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (1991), SBF, São Carlos, SP.

ATAS DO X SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (1993), SBF, Londrina, PR.

AULER, D. e TERRAZZAN, E. A. (1995) A Interdependência Conteúdo - Contexto - Método no Ensino de Física Térmica. In: Atas do XI Simpósio Nacional de Ensino de Física, SBF, Niterói, RJ.

CARVALHO, A.M.P. (1995) O Currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa. In: Atas do XI Simpósio Nacional de Ensino de Física, SBF, Niterói, RJ.

ENCONTRO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA A PARTIR DO 2º GRAU (1995) In: Atas do XI Simpósio Nacional de Ensino de Física, SBF, Niterói, RJ.

TERRAZZAN, E.A. (1994) Perspectivas para Física Moderna na escola de 2º grau. IV Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física. Florianópolis, S.C.

_____ (1996) Física Moderna e Contemporânea no 2º grau. Palestra proferida no I Workshop Abordagens de Física Moderna e Contemporânea no 2º grau: Por que? Como? Niterói, RJ.

O FUNCIONAMENTO DE ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NAS SÉRIES INICIAIS

Paulo César de Almeida Raboni (raboni@turing.unicamp.br)

Maria José P.M. de Almeida (mjpma@turing.unicamp.br)

FE/Unicamp

Embora precisemos fazer um levantamento atualizado das justificativas para introdução de atividades práticas, "experiências" no dizer dos alunos, no ensino das quatro primeiras séries do 1º grau, admitimos, por um lado a importância dessas atividades nesse grau de ensino, e consideramos, por outro lado, que seu funcionamento nos processos de ensino e de aprendizagem precisa de maior fundamentação. Julgamos ainda que as fundamentações possíveis são múltiplas e associadas tanto às representações de ensino e de ciência de quem as elabora, quanto aos referenciais em que estes se sustentam.

Partimos do pressuposto de que ensinar ciências significa permitir o acesso pelos alunos ao conhecimento científico histórica e socialmente construído.

A incorporação de alguns elementos, sobretudo aqueles de origem psicológica e lingüística, pode contribuir tanto para a análise de resultados das muitas formas de fazer uso das atividades práticas, quanto para lançar luz sobre suas possibilidades no ensino de ciências. O referencial teórico que sustenta nosso trabalho se compõe de elementos da filosofia da linguagem de Bakhtin e de elementos da psicologia de Vygotsky.

De Bakhtin tomamos elementos de trabalhos sobre a produção do discurso, seus elementos constitutivos e suas relações. Alguns deles são: a *dialogia*, a noção de *tema*, de *significação* e de *apreciação*. E de Vygotsky tomamos elementos de sua teoria sobre o desenvolvimento da inteligência, da consciência, e da conexão da aquisição da fala com o desenvolvimento da criança, assim como da mediação pelo outro nesse processo pelo uso do signo.

Nessa visão, ensinar ciências significa fazer com que os alunos se apropriem do discurso do outro, um outro não individual mas social, indefinido, disperso, personificado em alguns nomes de destaque na história da ciência. O conhecimento científico existente é, em termos lingüísticos, discurso do outro.

Apesar da relevância do conhecimento pronto e sistematizado e da necessidade de torná-lo acessível a todos, isso não significa que o aprendizado deva se dar única e exclusivamente pelo contato com esse conhecimento e pela assimilação do mesmo. Num sentido mais amplo, ensinar ciências inclui a iniciação do aluno no pensamento científico, igualmente histórico e socialmente construído.

As relações pelas quais nos constituímos são de duas naturezas: relações com as coisas e relações com o outro. As relações com o conhecimento têm origem sempre através de alguma materialidade e são interpretadas/mediadas socialmente. As *atividades práticas*, nessa perspectiva, possibilitam as relações com as coisas mediadas pelo outro. É também para uma releitura da realidade que o conhecimento científico mostra-se imprescindível para o aluno.

Uma das implicações de nosso referencial é o entendimento de que aprender ciência significa constituir-se tendo como "matéria-prima" o conhecimento científico, suas estruturas, métodos, etc., que são produtos culturais, comunicados através de signos, e com uma linguagem própria. Essas são justificativas suficientes para a incursão no campo da linguagem.

As atividades práticas na visão das professoras

De uma interação semanal com dez professoras das quatro séries iniciais do 1º grau, durante um ano, sintetizamos quatro justificativas apresentadas por essas professoras para o uso de atividades práticas em sala de aula: a) ilustrar a matéria; b) fazer com que os alunos vejam a teoria acontecendo; c) despertar a curiosidade dos alunos; d) divertir, quebrando a monotonia da aula expositiva.

Nas reuniões que fizemos eram realizadas atividades práticas, eram preparadas aulas em conjunto e discutíamos conceitos presentes no conteúdo de cada aula. Além desses encontros, fazíamos também observações da atuação das professoras em sala de aula com seus alunos.

Nas análises das falas de professoras com as quais trabalhamos, mostrou-se necessário um cuidado especial com a linguagem. Buscávamos suas representações sobre a ciência, sobre o ensino de ciências e particularmente a visão sobre as atividades práticas, além da maneira como conheciam e construíam conceitos científicos. Para obtermos esses vários elementos - presentes na realização das atividades e em discussões - mostrou-se necessária a inclusão de elementos teóricos, alguns dos quais julgamos ter encontrado em Bakhtin e Vygotsky.

Em sua dissertação de mestrado, Martins (1994), analisando depoimentos de professoras das séries iniciais concluiu, a respeito do uso de atividades experimentais no ensino de ciências, que as justificativas das professoras para esse uso são duas: a "visualização" dos fenômenos e a possibilidade de tornar o ensino mais "concreto" (p.156). Dos depoimentos destacados por Martins, selecionamos alguns que se aproximam dos dados por nós coletados. Uma das professoras por ela pesquisadas reforça em sua fala a necessidade de usar atividades experimentais para tornar o ensino mais concreto, para visualização do fenômeno:

"É lógico, porque vendo você aprende, você fixa mais" (...) "Tem que fazer experiências. Tem que mostrar como é feito." (p.148)

“Eles chegaram a fabricar com bexiguinhas como se fosse um pulmão. Então era uma coisa mais concreta.” (p.148)

Nas falas das professoras por nós registradas encontramos opiniões semelhantes a essas.

“Fazer experiências é importante porque nelas dá prá ver a teoria acontecendo.”

“Com as experiências eu procuro ilustrar a matéria. Acho que assim os alunos aprendem mais.”

As justificativas das professoras registradas por Martins, a autora em suas conclusões acrescenta que:

“Uma das razões atribuídas pelas professoras para justificarem sua adesão às atividades experimentais no ensino de ciências foi o aumento de interesse observado nas crianças.” (p.147)

Não existe propriamente justificativa nas falas das professoras sobre o papel que podem desempenhar as atividades práticas no ensino de ciências, mas, independentemente disso, percebe-se que elas notam que os alunos se envolvem mais e que a aprendizagem parece ser mais significativa quando essas atividades são realizadas. Este já seria um bom motivo para sua realização, o que obviamente implicaria em justificativas de outra natureza. Ou seja, torna-se necessário responder a pergunta: por que os alunos demonstram maior interesse pelas aulas de ciências e parecem ter aprendizagem mais significativa quando são utilizados experimentos? Faltam reflexões teóricas que busquem respostas para essa pergunta. Afinal, a que necessidade humana o contato direto com os objetos, a visualização, a presença das coisas vem satisfazer? Essa necessidade depende da idade da criança?

Alguns elementos do nosso referencial teórico ajudam a compreender esses fatos.

Vygotsky, citando Deborin, afirma que:

“...pensamento sem conteúdo é vazio” (...) “Consequentemente, ao estudarmos o pensamento, estudamos uma relação com objetos (Citando Kant). (...) “Com efeito, os conceitos não são senão percepções processadas e idéias. Em suma, o pensamento é precedido de sensações, percepções, idéias, etc., e não o contrário. Até mesmo o próprio pensamento, no sentido de uma capacidade superior de formar conceitos e categorias, é um produto do desenvolvimento histórico.” (Psicologia Concreta do Homem, pp.9-10)

E ainda,

“Ao realizar uma aproximação ainda maior entre os objetos (estímulos), eu também efetuo uma convergência de processos neurológicos (reações); controlo os processos mais internos mediante uma ação provinda de fora.” (Psicologia Concreta do Homem, p.5)

“Primeiro: a palavra precisa adquirir sentido (uma relação com as coisas) em si própria (uma conexão objetiva; e se ela não estiver lá, nada haverá lá)” (Psicologia Concreta do Homem, p.4)

Um outro aspecto do uso das atividades práticas pelas professoras por nós pesquisadas é a situação de conflito vivida por elas, e as respostas contraditórias dadas em situações diversas. Uma das professoras que acompanhamos cuja opinião era totalmente favorável às “experiências” no ensino de ciências, e que após o início de nossos trabalhos passou a levar os alunos ao laboratório quase que semanalmente, em alguns momentos demonstrou desespero com o barulho e a agitação dos alunos durante as atividades práticas. Ficou evidente o conflito vivido pela professora entre a necessidade que ela via de levar os alunos ao laboratório e a preocupação com o barulho que essa atividade gerava. Talvez as tentativas de conter o barulho tenham ocorrido devido a nossa presença como observadores, mas de qualquer modo isso revela uma preocupação constituinte da professora, a “necessidade de manter a ordem da classe” que provavelmente fazia parte daquilo que ela concebia como característica de um bom professor.

A formação das professoras não é linear, livre de conflitos. Elas, como qualquer indivíduo, se constituíram em um meio marcado por conflitos e por isso são essencialmente contraditórias. Dos autores que compõem nosso referencial, a noção de *dialogia* de Bakhtin ajuda na compreensão e análise dessas contradições. As múltiplas vozes de que fala Bakhtin são equivalentes aos papéis sociais interiorizados para Vygotsky, que constitui o que ele denomina *drama*.

E é ainda com subsídios da linguagem, os elementos a que nos referimos, que procuraremos entender as quatro justificativas sistematizadas a partir das falas das professoras, buscando a positividade dessas falas e o que fazer para provocar rupturas necessárias.

Bibliografia

- BAKHTIN, Mikhail. *Marxismo e Filosofia da Linguagem*. São Paulo: Editora Hucitec, 1995.
- MARTINS, Maria Ivanil C. *Interferências no Trabalho do Professor de Primeira a Quarta Série Segundo Sua Ótica: Destaque para o Ensino de Ciências*. Dissertação de Mestrado. Campinas: Faculdade de Educação da Unicamp, 1994.
- VYGOTSKY, Lev S. *Psicologia Concreta do Homem*. Tradução para fins didáticos de Enid Abreu Dobránszky do texto: *Concrete Human Psychology*, *Soviet Psychology*, v.17, n.2, 1989: 7.

ANÁLISE DE DIÁRIOS DE BORDO NO ÂMBITO DE UM CURSO DE FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES DE FÍSICA

Sandro Rogério Vargas Ustra¹⁰, (*srvustra@ce.ufsm.br*)¹

Eduardo A. Terrazzan¹¹, (*eduterra@ce.ufsm.br*)²

1 - Programa de Pós-Graduação em Educação

2 - Centro de Educação

Introdução

Neste estudo apresentamos e discutimos uma alternativa de trabalho em Formação Permanente de professores, a partir de uma experiência de utilização de Diários de Bordo junto ao Curso de Atualização e Aperfeiçoamento "Alternativas para o Ensino da Mecânica na Escola Média", do qual participaram cerca de trinta professores de Física do ensino médio da região de Santa Maria, RS. Este Curso desenvolveu-se através do Programa PROCÍNCIAS, convênio CAPES/FAPERGS sob a coordenação de uma equipe de docentes da Universidade Federal de Santa Maria.

Para isto, realizamos um acompanhamento do trabalho destes professores, pautado pela constante reflexão sobre sua prática de sala de aula e pela recuperação da importância do planejamento escolar como instrumento para o desenvolvimento, avaliação e reformulação deste mesmo trabalho. Em suma, a idéia era desenvolver e valorizar a prática pedagógica reflexiva destes professores.

A experiência acumulada ao longo das duas últimas décadas tem demonstrado que ações pontuais, como iniciativas isoladas de docentes de ensino superior, através de cursos de extensão de curta duração dirigidos a professores da rede escolar, pouco têm contribuído para a melhoria da qualidade do ensino na escola fundamental e média.

Normalmente, os professores da rede escolar sentem-se absolutamente abandonados após freqüentarem cursos deste tipo, sem que haja possibilidades de participarem de espaços de convivência nos quais suas dúvidas e angústias, e mesmo seus sucessos, sejam debatidos e referenciados pela prática de outros.

Por isso cremos na importância de cursos de longa duração, como um destes espaços, que possam permitir um contato permanente com os professores das escolas, num processo de reflexão individual e coletiva, sobre aspectos do cotidiano vivenciado pelos mesmos.

Um outra característica deste Curso foi o tratamento dado aos conteúdos. Apesar das atividades serem relacionadas aos conteúdos de Mecânica, não se limitavam apenas a estes, evitando desta forma uma

10Apoio parcial da CAPES

11Apoio parcial do CNPq

espécie de revisão, mesmo que ampliada, do curso de formação inicial (graduação) dos professores. Assim a metodologia empregada consistia em trabalhar os conteúdos a partir das dificuldades apresentadas nas atividades desenvolvidas pelos professores. Esta forma de abordagem, além de suprir as deficiências na sua formação, procurava garantir a incorporação de modificações efetivas nas práticas pedagógicas destes professores e mesmo nos programas curriculares por eles elaborados.

Participaram da equipe responsável por este Curso três professores do Departamento de Metodologia do Ensino (Física), três professores do Departamento de Física, dois alunos do Programa de Pós-Graduação em Educação e seis alunos do Curso de Licenciatura em Física. Estes últimos atuavam como Bolsistas (FAPERGS E PROLICEN) de projetos de Iniciação Científica, cujas temáticas vinculavam-se a tópicos desenvolvidos durante o Curso.

Este Curso desenvolveu-se em três etapas. A primeira concentrou-se em 40 horas numa semana de julho de 96, onde foi dada ênfase à discussão dos seguintes temas: planejamentos didáticos, concepções espontâneas, atividades experimentais, uso da História da Ciência no ensino, mapas conceituais e utilização do cotidiano em sala de aula. Ao final desta foi proposto aos professores participantes a construção de planejamentos para o ensino das leis de Newton e do Princípio da Conservação de Energia.

A segunda etapa do Curso desenvolveu-se de agosto a dezembro de 96, num total de 100 horas, através de encontros quinzenais, onde se aprofundavam as discussões sobre conteúdos, bem como sobre as atividades e os recursos didáticos a serem empregados em sala de aula.

A terceira etapa ocorreu concentrada numa semana de janeiro de 97, num total de 40 horas. A expectativa da equipe era fazer uma avaliação conjunta com os professores acerca da aplicação dos planejamentos e as possíveis mudanças para sua aplicação no ano letivo seguinte. Entretanto, em função das dificuldades e de novas exigências que se impuseram na segunda etapa, a equipe resolveu retomar o debate sobre alguns temas e introduziu a discussão de outros: o método da decomposição vetorial, composição de movimentos, cálculo de velocidade e aceleração através de fotografia estroboscópica, evolução histórica das concepções sobre força e movimento, gravitação universal, rotações, energia mecânica em sistemas conservativos e resolução de problemas em Física. Ao final desta etapa, os professores foram favoráveis à proposta de continuidade dos trabalhos no próximo período letivo, onde se poderia então concretizar a expectativa inicial.

Portanto, através de uma perspectiva de valorização da identidade profissional dos professores, as atividades desenvolvidas nas duas primeiras etapas do Curso levaram em consideração o material produzido pelos mesmos atribuindo especial importância para a preparação de sua intervenção em aula. Sempre se procurou evitar a imposição de um padrão de ensino. Neste sentido, trabalhou-se sobre as informações

trazidas pelos professores e as suas significações para os mesmos. Para efetuar este acompanhamento, foram utilizados os seguintes instrumentos: os planejamentos didáticos construídos, as atividades desenvolvidas nos encontros e os Diários de Bordo elaborados. Neste estudo concentraremos a nossa atenção nestes últimos, ficando os demais instrumentos como material para outras análises.

Diários de Bordo

Os Diários de Bordo são considerados instrumentos básicos numa investigação qualitativa, como documentos pessoais importantes para o estudo das realidades humanas e sociais (ZABALZA, 1994). Neste estudo foram utilizados para possibilitar a análise do pensamento dos professores, sendo que através deles este pensamento ao mesmo tempo se expressa e se elabora. Além disso, permitiram explorar o desenvolvimento, feito pelos professores, das atividades presentes em seus planejamentos didáticos.

Os Diários devem conter não apenas as descrições de ações realizadas pelos professores com seus alunos, mas também comentários, justificativas e análises acerca das mesmas. O trabalho com Diários permite aos professores reconstruírem as suas ações, explicitando-as e atribuindo-lhes razão e sentido. Através deles consegue-se identificar os elementos de significação e os sucessos, ou insucessos, que vão ocorrendo.

Através da escrita, têm-se acesso à perspectiva dos professores em relação ao seu trabalho, permitindo explorar a significação que os mesmos dão à sua própria atuação didática. Ter acesso ao pensamento dos professores é ter acesso às representações que caracterizam a sua visão peculiar da realidade. Existem representações que são compartilhadas em maior ou menor grau pelos professores. Os Diários proporcionam uma das formas de acesso a essas representações através da autodescrição que o sujeito faz de si mesmo e da sua atuação.

Um outro aspecto importante na utilização de Diários de Bordo é a possibilidade que estes oferecem para a reflexão por parte dos professores envolvidos. A sua "escrita desencadeia uma função epistêmica em que as representações do conhecimento humano se modificam e se reconstróem no processo de serem recuperados por escrito. As unidades de experiência que se relatam são analisadas ao serem escritas e descritas de outra perspectiva, vêem-se com uma "luz diferente" (Idem, p.95).

No entanto, alguns cuidados são apontados na literatura em relação ao trabalho com Diários de Bordo. A questão da validade-representatividade coloca-se em nível mais geral "em termos de aproximar a técnica do diário ou do âmbito das técnicas naturalistas (observar-recolher uma situação, sem alterar), ou do âmbito das técnicas convencionais (a informação recolhida é a resposta dos sujeitos a uma situação artificial, a situação de prova)" (Idem, p.98).

Outro cuidado diz respeito à resistência no processo de elaboração do Diários. Os professores devem escrevê-los como se ninguém fosse lê-los. Para tanto o investigador deve deixar claro que será evitada a postura de avaliador durante a leitura do Diários.

Neste sentido, a investigação...

"...adquire um sentido "iluminativo" e não "avaliativo"; adquire um sentido de "negociação" e não de "imposição" de modelos de recolha, análise e interpretação dos dados; adquire mais um sentido de desenvolvimento pessoal daqueles que estão implicados no processo do que um sentido de generalização dos dados ou estabelecimento de princípios gerais (ainda que isto, dentro das limitações de tipo epistemológico e técnico inerentes ao próprio modelo, também constitua um dos propósitos". (Idem, p.34)

Assim, procuramos seguir esta perspectiva no desenvolvimento deste estudo.

Referências Anteriores

Nossa intenção em utilizar os Diários no âmbito deste Curso de Atualização, além do fato destes constituírem um instrumento adequado numa pesquisa qualitativa e uma atividade interessante e profícua em práticas de formação permanente, referencia-se à prática de JESUINA L.A. PACCA, descrita em artigos da bibliografia da área, sobre sua atuação no Programa de Atualização de Professores de Física, através do projeto BID-USP-CAPES. Este Programa na sua primeira fase durou 200 horas, constando de 20 sessões mensais por dois anos, com a participação de nove professores de Física (PACCA, 1992;1994). Numa análise deste Programa encontramos o apontamento de uma conquista relevante, qual seja:

"...a dimensão majorada das discussões sobre os relatos dos diários de bordo, e isso se devia, predominantemente, ao fato de existir algo mais consistente sobre o que falar: as experiências dos professores com suas classes, nas aplicações dos seus planejamentos. Isso evidenciava que, cada professor estava num estágio diferente, o que os levava a possibilidades e necessidades distintas, um novo problema para os coordenadores." (BODIÃO, 1993, p. 204)

Em outras passagens desta mesma análise, encontramos, também, referências positivas acerca da utilização dos Diários:

*"Entusiasmada com os relatos dos diários de bordo, a coordenadora, mais uma vez, assinalava que eles (**professores**) falavam por ter o que dizer; e também que os sentia capazes de refletir sobre o que acontecia, procurando identificar as causas dos seus sucessos." (Idem, p. 205)*

Noutro artigo é comentada a evolução dos Diários no Programa:

"Neste tipo de atividade plenária estava o "diário de bordo" que acabou se tornando uma das atividades mais importantes do programa." (PACCA & VILLANI, 1992, p. 224)

Em relação ao papel desempenhado pelos Diários num programa de atualização e aperfeiçoamento, podemos citar:

"O espaço criado pelo Diário de Bordo parece representar uma oportunidade para a intervenção que aponta para a construção de uma nova concepção de ensino, uma oportunidade para dirigir as questões e dúvidas propostas para uma formulação objetiva, relativa à aprendizagem e motivação do aluno." (PACCA, 1994, p.61)

Os Diários de Bordo dentro do Curso

A elaboração, pelos professores, dos Diários de Bordo, foi encaminhada no segundo encontro da segunda etapa do Curso no qual se propôs que comentassem ocorrido numa determinada aula, onde estivessem aplicando parte do que estava sendo discutido. Para esta elaboração, sugerimos que observassem alguns pontos, tais como: modificações verificadas em relação à dinâmica de sala de aula, atitudes e aproveitamento dos alunos, principais dificuldades conceituais enfrentadas, no desenvolvimento dos conteúdos, pelos alunos e por eles mesmos e sugestões de modificações nas atividades realizadas.

Ainda nesta etapa, foi proposta a elaboração de Diários a partir da aplicação em sala de aula de 2 atividades experimentais e 4 problemas trabalhados durante os encontros quinzenais (ver ANEXO 1). Pretendia-se, com isto, facilitar a análise dos relatos dos professores, aproximando-a dos significados que estes lhes conferiam, pois o que era desenvolvido em sala de aula já havia sido trabalhado durante o Curso.

A delimitação dos assuntos para serem registrados e narrados não nos pareceu prejudicar a expressão por parte dos professores, em função da elaboração dos Diários ser uma das tarefas do Curso e este ter um caráter de intervenção nas práticas docentes.

Os Diários eram recolhidos no início de cada encontro, quando se conversava com os professores que haviam feito a tarefa proposta, no sentido de verificar se estavam dispostos a ler os seus relatos para os demais participantes. Algumas poucas vezes, um ou outro professor não se sentia à vontade para fazer tal leitura. Desta forma, eram encaminhados para leitura os Diários cujos autores não apresentavam nenhuma restrição.

Em cada encontro havia um período de tempo pré-determinado para a sessão de leitura e discussão coletiva dos Diários encaminhados. Nestas sessões o membro da equipe coordenadora responsável pelos trabalhos com os Diários fazia questionamentos acerca de aspectos que não estavam claros nas narrativas, ou pedia aos professores que comentassem uma determinada atividade ou acontecimento relatado para esclarecimento coletivo. Era um espaço aberto à participação tanto

por parte de toda a equipe, quanto por parte dos demais professores, que se mostravam bastante atentos.

Este aspecto de negociação, que permeou esta interação, também esteve presente na seleção dos conteúdos dos relatos, pois os professores foram orientados para que escrevessem seus Diários sem a preocupação com a leitura coletiva, mesmo porque, se fosse a sua vontade, as informações poderiam ser restritas à leitura apenas por parte dos membros da equipe.

Durante as sessões de leitura e discussão coletiva dos Diários, evitou-se sempre uma postura avaliativa por parte da equipe coordenadora, como se houvesse um padrão de narrativa. As questões levantadas aos professores procuravam esclarecer um ou outro ponto da narrativa que não estava compreensível, ou então evidenciar alguns aspectos que apresentavam diferenciações na prática de sala de aula, em função dos trabalhos no Curso.

Apesar das indicações, por parte da equipe, quanto à construção dos Diários, surgiram dificuldades, por parte dos professores, como: sensação de novidade, falta de hábito ou de tempo para escrever, indecisão do que relatar, não aplicação em sala de aula das atividades propostas alegando falta de condições materiais nas escolas, interesse dos alunos ou mesmo falta de espaço para desenvolver as sugestões do Curso na programação escolar seguida. O comentário de uma professora participante do Curso é exemplar neste sentido:

"Falta o hábito de escrever e não se sabe ao certo o que é importante e o que não é." (R.)

Em virtude destas dificuldades, a equipe resolveu reservar em dois encontros um período para esclarecer os professores sobre quais as características gerais e qual a finalidade dos Diários de Bordo, o que deveriam conter seus relatos, qual deveria ser a postura dos mesmos na sua escrita e principais dificuldades encontradas na sua elaboração. Procuramos, desta forma, evidenciar que o seu conteúdo deveria ser o mais amplo possível e que nossas sugestões de aspectos a serem observados eram apenas indicações orientadoras.

Aspectos Evidenciados pela Análise dos Diários de Bordo

Para proceder a análise dos Diários de Bordo, na perspectiva de fazer emergir dos relatos/registros a evolução do trabalho participativo dos professores junto ao Curso, alguns passos foram seguidos.

Num primeiro momento foi feita uma leitura geral e exploratória, procurando-se evitar uma categorização prematura. Deste modo, tomamos contato com a forma e com o conteúdo da narrativa de cada professor.

Numa segunda leitura, procuramos identificar nas situações presentes na narrativa como os professores utilizavam os recursos didáticos, sua postura pedagógica adotada em aula, os desafios por eles

encontrados e seus encaminhamentos. Ainda observamos situações diferenciadas nas evidenciavam-se contribuições do Curso à prática dos professores e a forma como isso era trabalhado nas aulas.

Uma terceira leitura averiguava a coerência da análise realizada, reafirmando-a ou não perante o discurso apresentado nos registros.

Desta análise, podemos caracterizar três momentos no processo de evolução da elaboração dos Diários pelos professores. *Inicialmente*, a maioria dos Diários de Bordo entregues consistiam apenas de um conjunto de anotações dos alunos, acompanhado por uma breve indicação do que se tratava. Os Diários relativos às primeiras atividades realizadas pelos professores eram bastante incompletos.

Exemplificando, em relação à aplicação em sala de aula de uma questão para levantar as concepções dos alunos acerca do conceito de Inércia, alguns poucos trouxeram, além das próprias respostas dos alunos, uma tabulação classificando-as minimamente por tipo de solução. Os Diários iniciais eram bastante vagos, sem uma descrição propriamente dita do que havia acontecido na sala de aula. Eram muito esquemáticos em relação às tarefas/atividades, não mencionando o conteúdo, desenvolvimento, nem o procedimento adotado.

Assim como houve dificuldade de utilização dos primeiros Diários durante as sessões de leitura do Curso, estes também mostraram-se pouco fecundos para as análises que pretendíamos fazer.

Por exemplo, o Diário da professora Z., sobre as aulas em que trabalhou as leis de Newton, constou apenas de uma série de folhas mimeografadas (já que não adotava livro didático) onde haviam lacunas para que os alunos respondessem certas questões. Incluiu também, no Diário, uma lista de exercícios.

Já os professores E. e V. fizeram um Diário "conjunto", embora a orientação fosse de que esta deveria ser uma atividade individual. Neste Diário apenas citaram a execução de um "experimento", sem especificá-lo, como pode-se observar no extrato abaixo:

"Observou-se que os alunos presentes, em sua grande parte, participaram até o final do experimento e promoveram uma discussão sobre os dados obtidos e como seriam transferidos para o gráfico."

"É um recurso que estimula a desmistificar os conceitos físicos, tornando-os parte do universo professor/aluno que deve ser explorado."

*"A atividade desenvolvida será repetida em ocasião que não interfira no **planejamento**..." (E. & V.) (grifo nosso)*

Neste último trecho, percebe-se que neste Diário ainda aparece muito forte a idéia de um programa obrigatório, o qual deve ser seguido sem modificações/perturbações.

Num *segundo momento*, além das respostas dos alunos, os Diários passaram a trazer também alguns comentários sobre como as aulas foram conduzidas e algumas escassas informações acerca do comportamento dos alunos.

Acerca da aplicação em sala de aula de um problema para detectar concepções alternativas sobre o princípio da Inércia e composição de movimentos, a professora R. escreve em seus relatos que os alunos não demonstraram dificuldades com o enunciado. Porém, as dificuldades surgiram quando tiveram que "escrever as justificativas, no sentido de não conseguirem expressar "fisicamente" o que pensam."

R. também anexou as respostas dos alunos, junto com uma tabulação quantitativa das mesmas.

A professora G., em seu Diário sobre o mesmo problema, comenta sobre a condução da sua aula:

"Distribuí uma cópia (do problema) para cada aluno e pedi para que o resolvessem. Leram o problema, começaram a conversar com os vizinhos e marcaram a resposta. Percebi que todos os alunos chegaram a mesma resposta, porém com justificativas diferentes."

"Pude perceber que eles entenderam o princípio da Inércia, apesar das justificativas não estarem bem formuladas." (G.)

Nota-se, nestes trechos, que G. não descreve as justificativas de seus alunos. Também não há comentários sobre a razão de haver suposto a compreensão correta dos alunos sobre o princípio da Inércia.

Podemos afirmar que num *terceiro momento*, os Diários de Bordo, já apresentavam justificativas dos professores para o comportamento dos alunos. Muitas falas dos alunos eram transcritas. Os professores colocavam-se nos seus relatos, explicitando tanto o seu comportamento durante as atividades, como algumas expectativas suas.

Muitas dificuldades específicas encontradas em sala de aula eram apontadas, bem como aspectos que deveriam ser retomados para sua superação em aulas seguintes ou que poderiam ser melhorados para o tratamento dos conteúdos no replanejamento.

A professora A., que inicialmente apresentava resistência em elaborar seus Diários, relatou, quase no final do Curso, o desenvolvimento de duas de suas aulas sobre leis de Newton. Apresentou um relato bem mais detalhado do que o de seus colegas, indicando a utilização de aspectos históricos de Física para introduzir o assunto e a realização de uma sessão inicial de problematização para levantar as idéias dos alunos sobre o tema a ser abordado.

"A aula foi dinâmica e participativa, isto é, todos os alunos responderam as perguntas e à medida que as respostas foram sendo colocadas no quadro, alguns reformularam as respostas dadas anteriormente e pediam para apagar a resposta que eles achavam que "não tinha nada a ver", o que não foi feito, pois expliquei que todas as contribuições eram válidas e que só num segundo momento iríamos destacar o que todos achassem que eram respostas desnecessárias.

Após discutirmos, fui apagando as respostas que achamos que não iriam contribuir para o nosso objetivo inicial que era definir força.

Quando chegamos à definição de força, e eu já tinha apagado o quadro, percebi que errara em apagar as respostas dos alunos sem antes

tê-las anotado, pois, acho que seria interessante ter ficado com todas as noções que eles tinham a respeito de força, mesmo não sendo as mais corretas." (A.)

A. utilizou a mesma dinâmica para trabalhar o princípio da Inércia, comentando o pensamento de Aristóteles e Galileu e problematizando com os alunos. Comentou que houve uma discussão mais ativa e cita dois de seus alunos:

"- A gente falou bastante bobagem, mas a senhora viu que juntos a gente chegou na mesma conclusão, quer dizer, na definição que o livro tem.

- Essa aula que a gente pode participar, falar, é muito melhor que as aulas que o professor manda a gente copiar. Eu acho que assim a gente aprende mais." (A.)

A., num outro Diário acerca da resolução pelos alunos de um problema para levantar suas concepções alternativas, comenta sobre a atitude dos mesmos quanto a avaliação da atividade, quando lhes disse que fazia parte de um Curso de Atualização junto à Universidade:

"Os alunos acharam uma maravilha estarem contribuindo para um projeto da UFSM; qualquer atividade proposta é feita com boa vontade, sem a menor resistência." (A.)

Esta nossa caracterização dos tipos de Diários elaborados pelos professores não significa que nos primeiros encontros da segunda etapa não apareceu nenhum relato mais denso, ou que nos últimos encontros não encontramos alguns com apenas uma simples tabulação das respostas dos alunos para um determinado problema. Por exemplo, a professora N., num dos primeiros Diários, apresenta uma narrativa onde estão presentes descrições das atividades, reações, dificuldades conceituais, citações dos alunos, expectativas e impressões suas.

"Particularmente não gostei da discussão **(na última aula)** sobre a 1ª lei. Tive a impressão que eles não estavam me levando a sério. Neste dia cheguei na aula e fui logo perguntando:

- Quem usa cinto de segurança no carro, quando sai de casa?

Poucos responderam. Um aluno disse:

- Dentro da cidade não precisa.

Eu perguntei:

- Por acaso a Inércia funciona só para a cidade?

Ele me encarou e disse:

- Eu nunca pensei na Inércia.

Voltamos a falar da 1ª lei e concluímos a 2ª lei, fazendo alguns problemas.

Pedi para dois alunos trazerem patins." **(na próxima aula)**

"Achei que não ia dar aula. Todos queriam saber o porquê dos patins.

Realizamos a atividade que se refere à 3ª questão... **(3ª lei de Newton)**"

Observa-se ainda que N. também se utiliza de atividades práticas e textos com aspectos históricos, para concluir o trabalho com as leis de Newton.

É importante notar que a professora A. começou a elaborar seus Diários somente após o início das sessões de leitura nos encontros da segunda etapa do Curso. Ela afirmou que ouvindo os relatos dos outros professores se sentiu mais tranqüila. Nesse mesmo sentido, outra professora, I., afirmou:

"Estava demorando para entender. Depois que leram um Diário de Bordo lá na reunião de sábado, tudo se tornou mais fácil. Funcionou como um exemplo para mim." (I.)

À Guisa de Conclusão

Diante da análise realizada, podemos afirmar que, com a utilização dos Diários de Bordo no Curso, os professores passaram a tornar-se mais atentos tanto para as suas aulas, como para seus alunos. A atenção ficou mais aguçada para as ações dos seus colegas de Curso e as contribuições que estas poderiam dar à sua própria atuação.

As leituras e discussões sobre o conteúdo dos relatos auxiliaram para a sensibilização e explicitação, por parte dos professores, em relação a determinados aspectos de suas próprias práticas didáticas que antes passavam despercebidos e não eram utilizados para repensar o seu trabalho docente, buscando melhorar o mesmo. O conteúdo dos Diários serviu como subsídio para reformulações nos planejamentos praticados.

Sobre a importância dos Diários é importante ressaltar a fala da professora A.:

"Interessante. Bom no sentido de fazer a análise, ... melhora-se o desenvolvimento. Está se fazendo uma espécie de revisão."

"Comecei a relacionar os conhecimentos, dando destaque principalmente à participação dos alunos e sobre o que eles têm de conhecimento."

Outra professora, Ia., afirma:

"No começo foi novidade, fiquei um pouco atrapalhada, mas depois senti mais firmeza. Ajuda a me questionar mais sobre as minhas aulas."

Muitos aspectos relativos às dificuldades de sala de aula, sejam metodológicas ou de conteúdo, surgiram como comuns para outros, às vezes chegando até mesmo ao apontamento de soluções que eram compartilhadas.

Pudemos perceber também nas narrativas dos professores uma presença, em maior número, mais sistematizada e integrada na prática dos mesmos, de abordagens contendo elementos trabalhados no próprio Curso. Por exemplo, a utilização do cotidiano, de aspectos históricos e um tratamento a partir de problemas passaram a fazer parte dos planejamentos didáticos. Verificamos ainda uma preocupação maior com

as concepções que os alunos já trazem para a sala de aula e que acabam interferindo no processo de ensino-aprendizagem.

A esse respeito, a professora R. chegou a comentar, nos primeiros encontros, que seus alunos não possuíam uma idéia formada sobre as temáticas que trabalhava na sua disciplina. Porém, num de seus Diários, escreve:

"As questões deram início a uma discussão generalizada entre os alunos, troca de opiniões, quase virando bagunça. Mas deu para perceber que eles têm idéia de como a "coisa" acontece. Apresentam, isto sim, uma grande dificuldade de expressão, pois ouvindo-os eles sabem, mas na hora de escrever..."

A dinâmica proporcionada pelos Diários de Bordo neste Curso nos leva a afirmá-la como uma prática facilitadora das ações de acompanhamento e apoio por parte da equipe. Do ponto de vista do professor proporciona uma reflexão sobre sua prática pedagógica, explorando-a e valorizando-a, além de colocá-lo como ator do processo de ensino-aprendizagem.

Uma alternativa interessante, para o trabalho com Diários de Bordo, é a de compartilhar com outros cursos de atualização os Diários elaborados nestes, discutindo as situações e encaminhamentos encontrados. Outra seria retornar aos professores suas narrativas, para que estes analisem como elas foram se modificando, desde as primeiras até as mais recentes.

Acreditamos que um programa de educação continuada, consistente e efetivo, não pode prescindir da vinculação entre ensino e pesquisa, resguardando, é claro, a especificidade de cada uma destas atividades. Por isso, a questão do professor como pesquisador ultrapassa a simples perspectiva de opção pessoal, colocando-se como uma dimensão própria da prática pedagógica transformadora. Nesta perspectiva, na continuidade dos trabalhos iniciados no Curso, a prática reflexiva acerca da atividade docente proporcionada pelos Diários se mostra bastante promissora.

Referências Bibliográficas

- BODIÃO, I.; (1993). Reflexões Acerca de um Programa de Aperfeiçoamento de Professores de Física e Pesquisa em Ensino. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FEUSP/IFUSP.
- COSTA, Marisa C.V.; 1995. Elementos para uma crítica das metodologias participativas de pesquisa. In: VEIGA NETO (Org.), Crítica pós-estruturalista e Educação, Sulina, Porto Alegre.
- PACCA, J.L.A.; (1992). 'O Profissional da Educação e o Significado do Planejamento Escolar: Problemas dos Programas de Atualização'. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo/SP, SBF, 14(1), 39-42.

- PACCA, J.L.A.; (1994). *A Atualização do Professor de Física do Segundo Grau-uma proposta*. Tese de Livre Docência. São Paulo: FEUSP.
- PACCA, J.L.A.; VILLANI, A.; (1992). 'Estratégias de Ensino e Mudança Conceitual na Atualização de Professores'. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo/SP, SBF, 14(4), 222-228.
- PACCA, J.L.A.; VILLANI, A.; (1993). 'Mudanças no planejamento escolar de professores de Física num curso de atualização'. In: *Atas do X Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Londrina/PR: SBF.
- TERRAZZAN, E. A.; (1992). 'A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau'. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 9(3), 209-214.
- TOBIN, K.; ESPINET, M.; (1989). 'Impediments to change: Applications of coaching in high-school science teaching'. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 26(1), 105-120.
- VILLANI, A.; (1991). 'Planejamento Escolar: um Instrumento de Atualização dos Professores de Ciências'. In: *Revista de Ensino de Física*, São Paulo/SP, SBF, 13, 162-177.
- VILLANI, A.; (1991c). 'Reflexões Sobre as Dificuldades dos Professores de Física'. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, UFSC, 8(1), 7-13.
- ZABALZA, Miguel Angel; (1994). *Diários de Aula*. Porto/POR: Porto.

CAPACITAÇÃO DE PROFESSORES EM SERVIÇO: UMA PROPOSTA DE INTERAÇÃO PESQUISA EM ENSINO - ESCOLA DE 1º GRAU

Rita de Cássia de Alcântara Braúna;
Angela Maria de Carvalho Maffia
Cleidelene Ramos Guimarães.
Universidade Federal de Viçosa

Introdução

Podemos afirmar hoje, com tranquilidade, que uma das linhas de pesquisa que mais se desenvolveu na última década, diz respeito ao estudo e levantamento das concepções e idéias alternativas que os alunos constróem a respeito de alguns princípios científicos.

Apesar do avanço da pesquisa nesta área, nota-se que a aplicação dos resultados em sala de aula é ainda muito modesta. Isto deve-se ao fato de existir um descompasso entre a pesquisa em ensino de ciências e a formação do professor nessa área. Em relação a essa formação Fracalanza et alii (1987) afirmam que o professor termina o curso de formação para o magistério sem condições para ensinar ciências, por falta de domínio do conteúdo neste campo de ensino.

Através de cursos de extensão, oferecidos pelo Departamento de Educação da UFV-MG, para professores de 1º Grau da região, evidenciamos algumas de suas dificuldades conceituais.

Preocupados com estes problemas e acreditando ser possível e necessária uma aproximação entre a universidade e a escola de 1º Grau, com o objetivo de mediar a relação pesquisa em ensino de ciências - aplicação dos resultados em sala de aula e o repensar da formação do professor, levantamos as seguintes questões para investigação:

- os professores de ciências do 1º Grau, particularmente os das séries iniciais, apresentam domínio metodológico e conceitual suficientes para ajudar os seus alunos a construir os conceitos científicos corretamente?
- é possível a superação dessas dificuldades através da capacitação em serviço?
- quais as repercussões dessa capacitação na prática pedagógica dos professores?

Referencial Teórico

Utilizamos como principal referencial teórico para o desenvolvimento do nosso estudo pesquisas recentes sobre esquemas conceituais alternativos em ciências. A importância desta linha de pesquisa está associada, sobretudo, à elaboração de um novo modelo de aprendizagem de ciências. Estas pesquisas convergem para uma

orientação que podemos designar de construtivismo. De acordo com Driver citado por Gil Perez (1986),

“as principais características da visão construtiva são:

- *o que existe no cérebro de quem vai aprender tem importância;*
 - *encontrar sentido supõe estabelecer relações: os conhecimentos que se pode conservar permanentemente na memória não são fatos isolados, mas muito estruturados e que se interrelacionam de múltiplas formas;*
 - *quem aprende constrói significados ativamente;*
 - *os estudantes são responsáveis pela sua própria aprendizagem.”*
- (p. 9)

As atividades em sala de aula devem evidenciar que a “pré-noção”, aquela que a criança já leva para a escola, não é tão consistente como parece e o conceito científico que se pretende ensinar seja inteligível e potencialmente melhor para explicar fenômenos observados e outros que possam estar relacionados. Segundo Maldaner (1987)

“pode-se conseguir tais mudanças se houver uma aplicação constante de uma metodologia igualmente diferente da que a criança aplica naturalmente na sua fase de aquisição espontânea das ‘concepções falsas’ (ou do senso comum) e que não correspondem à realidade dos fatos” (p. 32).

A metodologia consiste em fazer com que a criança seja obrigada em situação problemática clara,

“a emitir hipóteses à luz dos seus conhecimentos prévios, de experimentar variação, de analisar os dados e ver como isso está em acordo ou desacordo com o que se pensava antes.” Perez, citado por Maldaner (1987:32).

Resumido, nosso referencial teórico considera a aprendizagem em ciências como uma mudança conceitual e metodológica por parte dos alunos. Esta mudança metodológica deve ser convenientemente planejada e gradativa, pois do contrário, será igualmente rejeitada como o é a “mudança” conceitual abrupta. (Maldaner, 1987)

Metodologia

Optou-se pela pesquisa qualitativa. Segundo Bogdan e Biklen, citados por Lüdke e André esse tipo de pesquisa “envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes.” (1986:13). Esta abordagem compatibilizou com o estudo proposto.

Os sujeitos centrais dessa pesquisa foram seis professores de uma escola pública do município de Viçosa que atuam nas 3ª e 4ª séries do primeiro grau.

Utilizou-se quatro estratégias metodológicas básicas: observação direta, questionários, entrevistas e análises de documentos.

As observações foram realizadas durante as aulas, em encontros específicos para a capacitação dos professores e em atividades extra-classe.

Objetivando avaliar a capacitação dos professores em serviço e detectar as principais dificuldades conceituais foram aplicados questionários tanto no início (pré-teste), quanto no final (pós-teste) dos encontros específicos de capacitação. No total foram realizados quatro encontros, de quatro horas de duração cada um, nos quais foram trabalhados os seguintes conteúdos: fotossíntese, solo, ar e água e sistema solar. Tais conteúdos foram selecionados pelos professores da escola.

Os documentos analisados foram: programa de ensino (oficial e da escola), material didático utilizado pelo professor, caderno de anotações do aluno e provas aplicadas.

O estudo foi realizado em dois anos.

Análise do Domínio Conceitual em Ciências dos Professores Observados

Como resultado das análises de documentos, observações feitas em sala de aula e dos encontros específicos para capacitação dos professores em serviço, foram detectadas várias dificuldades conceituais que, para efeito didático foram divididas em categorias distintas:

Informação Ambígua (aquela em que o professor explica ou escreve determinado conceito e o aluno pode interpretar de diferentes maneiras).

A definição de recursos naturais encontrada em apostila mimeografada em sala de aula foi a seguinte:

“Chamamos de recursos naturais a tudo aquilo que a natureza oferece aos seres, inclusive ao homem, a fim de facilitar a sua vida.”

Tal definição dá margem a diversas interpretações porque, logo abaixo no mesmo texto aparece a citação:

“O ar, a água, a luz e o calor do sol, o solo com seus minerais, as plantas e os animais são recursos naturais que nos ajudam a viver.”

Desconsidera-se, portanto, que plantas e animais também são seres e se utilizam dos recursos naturais (sol, água, ar, solo etc.). Assim o conceito torna-se ambíguo.

Conceito Errôneo

A explicação de uma professora sobre a erosão foi a seguinte:

“A água lava a camada superficial da terra e com isso ela fica árida, sem vitaminas.”

A professora provavelmente queria dizer que quando ocorre a erosão o solo fica empobrecido, sem nutrientes.

Ao tratar do movimento de translação outra professora levou os alunos a questionar sobre as conseqüências desse movimento para a Terra (as estações do ano) e ainda a razão do inverno ser mais frio e o

verão ser mais quente. Foram levantadas pelos alunos várias hipóteses, dentre elas a de que: “no verão a Terra mais próxima do sol e no inverno mais distante.”

Depois de alguns questionamentos à turma a professora acrescenta:

“No verão o hemisfério sul está mais próximo do Sol e não a Terra.”

Observa-se que a professora tentou levar em consideração a inclinação do eixo da Terra mas argumentou errado.

Foi aplicado um estudo dirigido sobre higiene e saúde, que constava de um texto, seguido de alguns exercícios. Quando uma professora explicava o texto fez a seguinte afirmação no que diz respeito aos micróbios:

“Os micróbios fazem xixi e cocô na nossa barriga, por isso devemos evitá-los.”

Obs.: os reais danos causados pelos micróbios não foram ditos.

Em relação ao conceito de recursos naturais não renováveis uma professora afirma

“Recursos naturais não renováveis são aqueles que não se reproduzem.”

- “Já viram uma rocha grávida? Perguntou a professora.

Os alunos respondem:

- “Não.”

- “Não, pois é, ela não se reproduz, não é um recurso natural renovável. Os recursos naturais renováveis são aqueles que se reproduzem.”

Conceito estéril (aquele conceito distante do cotidiano do aluno, irrelevante).

O conteúdo A água foi tratado em aula expositiva, onde a professora utilizou além de um cartaz ilustrativo do processo de purificação da água, uma apostila mimeografada que trazia alguns pontos sobre esse importante recurso natural. Porém, seguindo a linha de alguns livros didáticos, caracterizou a água potável como: insípida, inodora e incolor.

A professora não chamou a atenção para o fato de não encontramos essa água pura na natureza, o que acaba por contradizer a realidade vivenciada pelo aluno.

Análise do Domínio Metodológico em Ciências dos Professores Observados

Diante da prática pedagógica das professoras observadas, notou-se que não há um padrão metodológico que defina um perfil destas, pois há desde aquelas mais inovadoras, buscando a participação dos seus alunos e o uso de metodologias mais práticas, até aquelas que apresentam uma prática mais tradicional, com ênfase na transmissão de conceitos e conseqüentemente levando à passividade dos alunos.

Verificou-se que existe coerência entre as observações feitas em sala de aula e as entrevistas realizadas com as professoras em relação à prática pedagógica. Na entrevista as professoras mais inovadoras confessaram gostar do que fazem, consideram o ensino de ciências muito importante, fazem cursos de atualização sempre que possível e ainda sentem necessidade de ensinar ciências de forma mais prática, buscando sempre informações sobre a atualidade (todas elas têm graduação em Pedagogia - Licenciatura Plena e trabalham de 1ª a 4ª série há menos de seis anos). Já aquelas que apresentam uma prática mais tradicional confessaram que: - não gostam do conteúdo de ciências, preferem ensinar Português e Matemática, não tem dificuldade em “passar” o conteúdo (só não gostam de fazer experiências, aulas práticas). Uma delas tem magistério completo, trabalha há vinte e quatro anos na área e nunca fez cursos de atualização. Outra tem curso de Pedagogia, trabalho há mais ou menos dez anos e fez cursos de atualização.

Do que foi exposto acima concluímos que a maioria dos professores observados não possui domínio conceitual e metodológico suficientes para ajudar os seus alunos a construir os conceitos científicos corretamente. Apesar de termos feito uma análise do domínio metodológico e conceitual isoladamente sabemos da articulação estreita entre esses aspectos. Sem o necessário domínio do conteúdo o professor não consegue distinguir o essencial do meramente informativo e tampouco selecionar as modalidades didáticas mais adequadas para cada conteúdo. Esses pontos serão retomados posteriormente ao tratarmos da formação dos professores.

Análise dos Resultados de Capacitação em Serviço e Repercussões na Prática Pedagógica dos Professores Observados

As figuras abaixo objetivam ilustrar os resultados dos encontros específicos para a capacitação dos professores em serviço, através da computação dos acertos e erros detectados nos pré e pós-testes, aplicados durante os encontros.

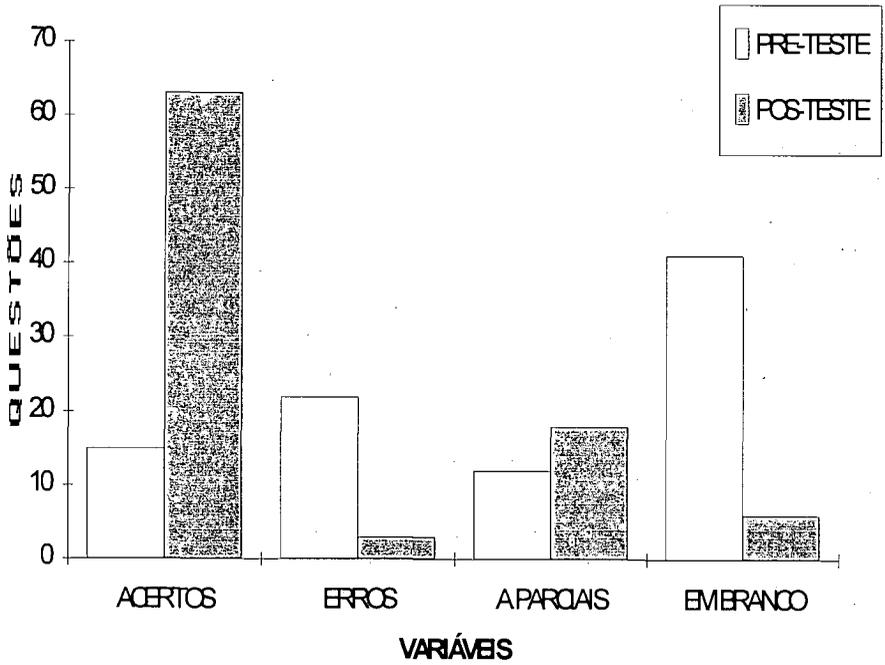


Figura 01 - Resultado do 1º Treinamento de professores em serviço.

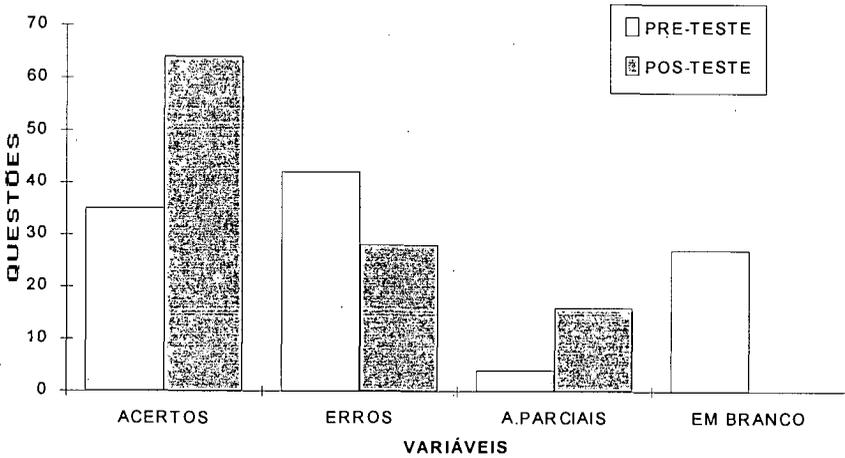


Figura 02 - Resultado do 2º Treinamento de professores em serviço. Conteúdo : Fotossíntese

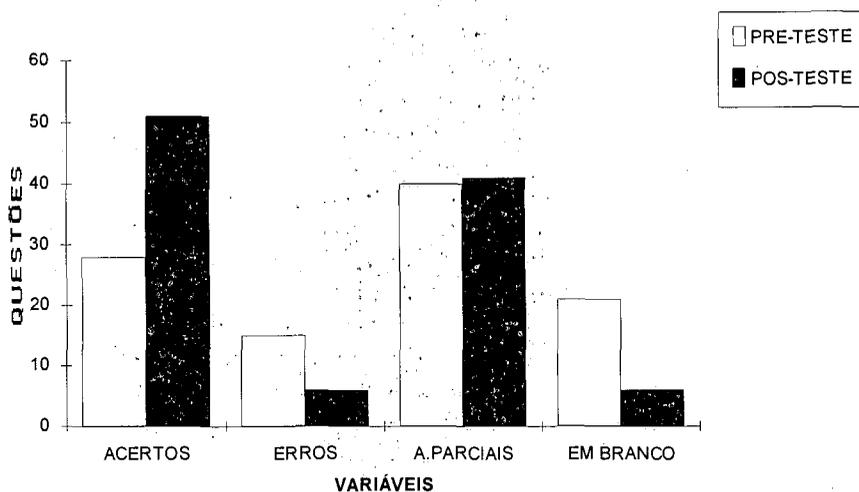


Figura 03 - Resultado do 3º Treinamento de professores em serviço. Conteúdos : Ar e Água

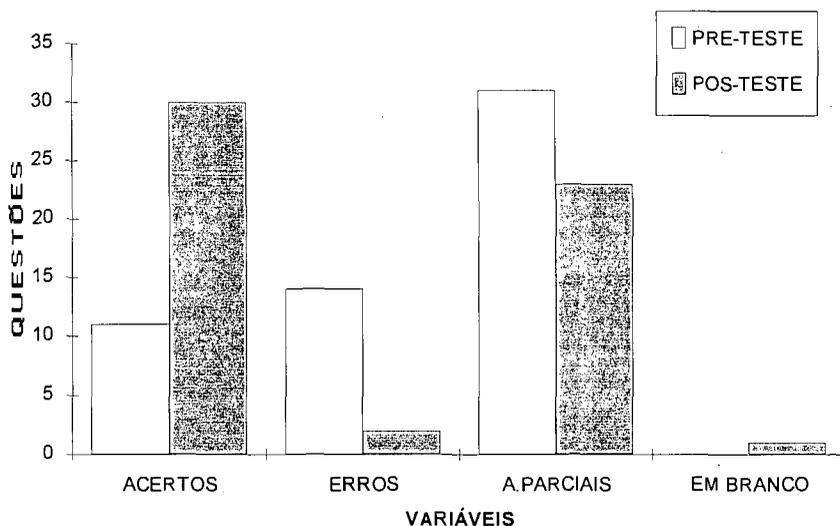


Figura 04 - Resultado do 4º Treinamento de professores em serviço. Conteúdo : Sistema Solar.

Através da análise dos gráficos foi possível notar uma sensível melhora conceitual por parte dos professores e também classificar os conteúdos de acordo com o nível de dificuldade apresentado no pré-teste: Fotossíntese (38% de erros), Sistema Solar (25% de erros), Solo (24% de erros) e Ar e Água (14% de erros). Os resultados são coerentes já que os conteúdos de fotossíntese e sistema solar são mais abstratos que os outros (com exceção do ar). Tais resultados portanto reforçam a idéia da necessidade de utilizarmos metodologias mais adequadas aos conteúdos.

Observou-se que algumas professoras não somente implementaram alguns aspectos trabalhados durante os encontros de capacitação, como afirmaram serem estes adequados ao seu dia-a-dia. É importante esclarecer que essas professoras são aquelas portadoras de uma prática pedagógica mais inovadora que já discutimos anteriormente. Outras professoras afirmaram ter sido importante a capacitação em serviço para o enriquecimento pessoal mas, que era inviável aplicar as estratégias metodológicas discutidas em sala de aula, devido à falta de tempo, de material e de local adequado, e da falta de base do aluno. Essas professoras não implementaram as inovações metodológicas discutidas, embora tentassem atualizar um pouco os conhecimentos em sala de aula.

A partir destes dados podemos avaliar o potencial da capacitação dos professores em serviço, nos moldes em que foi desenvolvida, como estratégia que venha a possibilitar uma mudança na prática pedagógica dos mesmos.

Parece-nos que este tipo de capacitação ajudou as professoras a superar algumas dificuldades conceituais e para algumas a enxergar diferentes possibilidades de uso de metodologias mais práticas e participativas. No entanto não foi suficiente para provocar uma reflexão mais profunda sobre os pressupostos das suas próprias práticas e conseqüentemente provocar uma mudança das mesmas.

A resistência apresentada por algumas pode revelar uma provável perspectiva de encarar a capacitação em serviço como uma oportunidade para atualizar conteúdos e metodologias adequando-os às práticas que desenvolvem no dia-a-dia, sem no entanto modificá-las substancialmente.

Enxergamos portanto os limites desta estratégia, enquanto possibilitadora de uma mudança na prática pedagógica, sem no entanto negarmos a sua importância. Sem dúvida é preciso repensar os moldes dessa capacitação se o que queremos é promover mudanças significativas na prática dos professores de ciências. Este é um desafio que nos propomos enquanto professores e pesquisadores.

Aspectos Relevantes para a Formação dos Professores de Ciências

A partir desse estudo alguns pontos podem ser destacados como relevantes na formação dos professores de ciências.

Um aspecto que nos parece fundamental diz respeito a uma formação conceitual sólida que contemple não somente o domínio do conhecimento produzido em uma determinada área, mas também o processo de produção do mesmo. Observou-se que os professores, por falta de domínio conceitual ficam presos a formalizações, utilizando textos mimeografados e questionários que incentivam apenas a memorização de conceitos, não favorecendo portanto uma abordagem metodológica mais dinâmica e participativa, onde certamente seriam mais solicitados pelos alunos, o que conseqüentemente poderia levar a uma aprendizagem mais significativa. Aliado a isto, deve-se colocar o futuro professor em contato

com a pesquisa em ensino de ciências para que este possa refletir criticamente a respeito da adequação da mesma à realidade da sala de aula.

Uma formação adequada auxiliará o professor a selecionar e dosar melhor os conteúdos de ensino ao invés de querer vencer o programa oficial em detrimento da promoção do desenvolvimento cognitivo do estudante.

Conclusão

Os professores de ciências de 3ª e 4ª séries da escola observada apresentam dificuldades conceituais e metodológicas.

A partir da capacitação de professores em serviço, algumas dificuldades conceituais foram superadas. Porém tal capacitação não foi suficiente para levar o professor a uma mudança de postura tradicional para uma postura mais prática e inovadora.

Atribuímos tais problemas principalmente à insegurança do professor devido à sua precária formação.

Sugerimos portanto pontos importantes a serem trabalhados durante a formação dos professores: desenvolvimento de uma base conceitual sólida, que proporcionará um maior domínio metodológico, aliada ao estudo de pesquisas em ensino de ciências e às possibilidades de aplicação em sala de aula.

Bibliografia

01. BACHELARD, G. La formation del espitiru científico - contribucion a un psicoanálises de conocimiento objetivo, Argentina, Siglo Vientiuno, 1976.
02. FRACALANZA, H. et alii. O Ensino de ciências no primeiro grau. São Paulo, Atual, 1987.
03. GAGLIARDI, R. Como utilizar la história de las ciências em la enseñanza de las ciências. Enseñanza de las ciências. (3): 291-96, 1988.
04. GIL PEREZ, D. A metodologia científica e o ensino de ciências: relações controvertidas. In: CONGRESSO PEDAGOGIA 86, Havana 1986.
05. LÚDKE, M. & ANDRÉ, D.A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo, EPU, 1986.
06. MALDANER, O.A. Ensino/aprendizagem em ciências - Mudança conceitual e metodológica, Contexto e Educação. (5): 27-34, 1987.
07. QUEIROZ, G. & AZEVEDO, C.A. A ciência alternativa do senso comum e o treinamento de professores. Cad. Cat. Ens. Fis. 4(1): 7-16, 1987.

A PRÁTICA DOCENTE DO PROFESSOR DE FÍSICA DO 3º GRAU

Aguida Celina de Méo Barreiro (*aguida@ifqsc.sc.usp.br*)
Instituto de Física de São Carlos - USP

Resumo

O presente trabalho é parte de tese de doutorado que objetivou compreender a prática docente de professores-pesquisadores de física do 3º grau. Foram observadas as aulas de quatro professores do Bacharelado e da Licenciatura e feitas duas entrevistas estruturadas. O elemento norteador na seleção dos sujeitos foi a sua preocupação demonstrada também com o ensino, no Instituto de Física de São Carlos/USP, que se caracteriza pela projeção nacional e internacional na pesquisa em Física Teórica e Experimental. A análise dos dados foi feita a partir de nove categorias criadas para essa finalidade e que englobam os principais aspectos da dinâmica da sala de aula. Nas conclusões buscou-se oferecer subsídios para futuros encaminhamentos quanto à formação continuada de professores de Física e de áreas correlatas, no ensino superior. Enfatizou-se a prática reflexiva e a tomada de consciência.

1. Introdução

Há, atualmente, interesse pelas questões que envolvem os procedimentos didáticos, a relação professor-aluno e a dinâmica da sala de aula do ensino superior, seja para formar professores e/ou pesquisadores. No entanto, existem dificuldades pelo fato de não ser a docência encarada como questão fundamental, quando se trata da formação de bacharéis e, principalmente, numa instituição que, tradicionalmente, prioriza a pesquisa.

Nóvoa (1991, p.21), por exemplo, afirma que a formação dos professores enfrenta resistências de setores conservadores e de setores intelectuais em que *“uns e outros têm do ensino a visão de uma actividade que se realiza com naturalidade, isto é, sem necessidade de qualquer formação específica ...”*¹².

A necessidade da compreensão do como é construída e efetivada a prática pedagógica de docentes/pesquisadores de física nas suas salas de aula de bacharelado e licenciatura, motivou a realização da pesquisa de doutorado sobre tal problemática¹³.

As pesquisas realizadas, as publicações existentes e as reflexões teóricas representativas do que tem sido denominado de *“estudos sobre o*

¹²Nas citações de autores portugueses foi respeitada a ortografia vigente em Portugal.

¹³ BARREIRO, Aguida C. M. A prática docente do professor de física do 3º grau. São Paulo: F.E. - USP, 1996. Tese (Doutorado em Educação).

pensamento do professor”, propiciaram o conhecimento sobre as práticas efetivas e os encaminhamentos para se repensar, atualmente, a prática docente do ensino superior.

Os professores de Física no 3º grau, nem sempre são formados para serem professores e se formam pedagogicamente na própria atuação docente, ou seja aprendem fazendo, inicialmente por imitação ou bom-senso e, posteriormente, pela incorporação de experiências bem sucedidas possíveis de acontecer no processo de sua formação continuada.

Exercitam algum tipo de reflexão, embora não sistemática e nem sempre têm a tomada de consciência de que a condução de seu ensino é produto de ações mais, ou menos, reflexivas.

2. Da Prática ao Relato

A análise da prática pedagógica supõe, por um lado, conhecer o que o professor concebe sobre aquilo que faz, o sentido que atribui à sua atuação docente. Por outro lado, supõe conhecer sua atuação real. Para tal, foram considerados os depoimentos dos professores e a observação das suas aulas durante um semestre letivo.

O conjunto dos dados sobre os professores: A, B, C e D, permitiu a análise das suas idealizações e realizações, interpretadas e descritas por meio de nove categorias, tendo cada qual os seus focos centrais. As categorias são as seguintes: Planejamento, Execução, Interação, Docência, Avaliação, Características dos Professores, Experiências Anteriores à Docência no 3º grau, Dimensão Pessoal/Profissional e Binômio Ensino/Pesquisa.

Nesta comunicação foi selecionada a categoria **Características dos Professores** e dois de seus focos de análise: **Aprendizagem em Serviço e Exemplo Pessoal**.

Em linhas gerais, sobre a aprendizagem que o professor vai realizando ao longo do tempo, foi possível concluir que na sua docência ocorrem novas aprendizagens, de tipos variados, motivadas por fatores diversos, que são incorporadas à prática e emergem no convívio que se estabelece numa relação que é profissional, mas é também pessoal, entre professores e alunos. Não é possível separá-las, embora teimosamente muitos de nós, por uma influência rançosa, nos detenhamos a estipular os aspectos técnicos e os aspectos de interação. No exercício profissional está imbricado o exemplo pessoal, que se refere à responsabilidade que o professor sente, verbaliza nas entrevistas e conversas informais e demonstra nas aulas quanto à formação/informação dos alunos.

Na sua formação continuada, o professor vai adquirindo/produzindo um conhecimento relacionado à maneira de ensinar. Exemplos acrescentados e relações entre conteúdos diversos permitem levar novos conceitos a serem ensinados, ao contato com conceitos já aprendidos, viabilizando novas aquisições de conhecimentos e habilidades. Essa capacidade de como ensinar está estritamente

relacionada à experiência profissional e pessoal de cada um, exercidas de um modo que supõe (re)criação própria e não apenas transmissão/cópia de um livro-texto.

Nas aulas, podem ser considerados como decorrentes da aprendizagem em serviço, os exemplos ilustrativos criados para esclarecer um conceito, o modo como explorá-los visando a aprendizagem, o aproveitamentos das situações que surgem no decorrer da aula e, ainda, a utilização das intervenções dos alunos.

Nas entrevistas, perguntados sobre as aprendizagens na docência, pontos comuns sobressaem, como por exemplo, o fato do professor aprender a ensinar e a como ensinar muito mais em serviço do que no curso de formação inicial, aprendendo, também, as limitações dos alunos e as próprias, conquistando mais “maturidade” e “segurança”.

O relato sobre experiências que deram certo, evidenciam a importância da aprendizagem continuada:

“... as aulas demonstrativas introduzidas numa disciplina onde havia muita evasão e repetência, e um curso diferente de laboratório foram importantes. Os alunos ainda hoje honram o professor porque realmente aprenderam”.

“... nos últimos dez anos o que mais aprendi no trabalho de dar aulas foi criar capacidade de transmitir numa linguagem mais simples e facilidade para estar mais próximo deles”.

“... com o tempo se aprende uma quantidade suficiente de coisas que permitem se não souber numa direção, fazer na outra”.

Em linhas gerais, no aspecto pessoal, a opinião comum é a de que no exercício da docência superior se aprende a lidar com seres humanos adultos e “isso é importante para a vida de modo geral”, como afirmou um dos professores.

Aprender “psicologia do adulto e teorias pedagógicas por conta própria”, a fim de conhecer seus alunos, foi a decisão tomada por um dos professores que fez, também, o curso de Licenciatura, mas nele aprendeu apenas psicologia da criança e do adolescente. Defende a necessidade da formação pedagógica no Bacharelado e, criticamente, aponta para uma psicologia da educação centrada no aluno adulto e uma formação didática consistente. Espontaneamente afirmou que “a maioria dos professores do 3º grau, principalmente na área de ciências, não tem formação pedagógica. Aprende a dar aula por esforço pessoal, quando gosta. Se não gosta, faz a aula sem compromisso e vai embora. Aprendi com bons professores do Bacharelado e da Licenciatura. Também aprendi na própria profissão e as teorias pedagógicas me ajudaram” (os grifos são meus).

Um dos professores afirmou explicitamente: “fui formado aqui no meio de bacharéis, tudo feito para você formar-se e fazer mestrado e doutorado. Nunca ninguém teve a preocupação de saber se eu ia dar aula ou não. Mesmo que eu viesse a dar aula aqui no instituto, ninguém estava preocupado com isso”.

Um dos professores conquistou sensibilidade para perceber as expressões faciais, segurança para sentir-se bem na frente dos alunos não temendo as perguntas e confiança para estar junto com eles e eles com o professor. “Se a classe está junto de você e tem confiança, não há problemas. O professor precisa ganhar segurança própria e confiança dos alunos, pois se as coisas não vão bem é porque não há esses pontos básicos, o contexto já não está bem e não é porque o professor não sabe responder uma ou outra pergunta”.

Nos depoimentos podemos ver que não há preocupação insitucional pelo ensino. As iniciativas ficam por conta do próprio profissional. A proposta de formação ou o currículo¹⁴ das instituições que esses professores freqüentaram na graduação e daquela onde trabalham, incluindo-se, ainda, as instituições superiores que formam profissionais que poderão vir a uma ser professores universitários, é de privilégio absoluto à formação de pesquisadores.

Além da seriedade com que desempenham seu trabalho estão presentes nas suas falas e atitudes, a preocupação com o exemplo pessoal.

Um deles afirmou que “o exemplo é o melhor instrumento porque os alunos não esquecem e se inspiram nisso. Como diz um amigo nosso, se a palavra convence, o exemplo arrasta. Se o professor se aproximar dos alunos, tiver empatia, ao terminar a aula conversar com eles do lado de fora, estar ali junto mais um pouquinho, fazer com que sintam que a gente é igual a eles, é um estímulo. É o exemplo. E tem mais, numa turma que vai se preparar para dar aula, o professor deve não só fazer isso, como também chamar a atenção para esses pontos do relacionamento. O professor não tem que somente dar uma aula de conteúdo. Tem que ter conversação a respeito do que é ensinar e o que é aprender. Ir além da técnica e até do exemplo, falando sobre esses assuntos. Isso também no Bacharelado em que, no Brasil, o bacharel poderá vir a ser professor na universidade”.

Outro professor demonstrou inquietação e responsabilidade pelo fato de que apesar da universidade só conter uma parcela mínima da população com escolaridade de vários anos, não encontrar uma correspondência entre as atitudes tomadas e a educação recebida por essa parcela. “... me parece que a universidade forma as pessoas do ponto de vista técnico, mas não educando-as”.

A resposta para a atitude de considerar o exemplo pessoal como condição fundamental na preparação profissional/pessoal de seus alunos, mencionada pelos professores, foi o resultado de elaboração própria, ou seja, eles procuraram refletir e ter a tomada de consciência do como acontecem suas auto-aprendizagens de pessoas adultas e na sua atuação

¹⁴ Currículo está sendo entendido como “uma proposta educacional feita por uma instituição, a qual assume a responsabilidade de colocá-la em prática e de avaliar seus resultados”. In: KRASILCHICK, M. Viver a docência. BOLETIM PAE, Editorial, n.2, agosto/95.

transferirem essa auto-aprendizagem refletida e tornada consciente. É o colocar-se no lugar do outro, tornando essa conquista a regra de ouro que aglutina teorias estudadas, experiências e valores.

Constatei não existirem atitudes de indagação sistemática sobre as atividades que os professores desenvolvem na docência, em desacordo paradoxal com suas habilidades de pesquisadores.

De modo geral, os mesmos procedimentos didáticos a que estiveram submetidos na sua formação, estão presentes na sua atuação docente: é o verbalismo da aula expositiva, são a formalização e os cálculos, é a transmissão da informação que os alunos devem absorver, é o treinamento por meio de muitos exercícios, é o estudo numa bibliografia que se torna o *acervo de cabeceira*. Enfim, mais do que o despertar do interesse pela pesquisa é o escravizar-se à pesquisa. É quando, então, o professor-pesquisador perpetua uma prática reprodutivista, mecanicista e obrigatória, reservando somente para a pesquisa, a atitude exploratória.

3. Conclusões

O que está sendo proposto para atingir a finalidade informativa e formativa, nos dias atuais em que, ao lado (ou à margem) de uma tecnologia moderníssima convivem seres humanos perplexos, é o ensino e a aprendizagem que favoreçam a reflexão, a capacidade de (re)criação e o gosto por buscar e descobrir o saber não apenas técnico-científico como também artístico-humanizante.

Os professores precisam socializar, entre os pares que compartilham do mesmo prazer pelo ensino, as experiências e as reflexões a fim de que possam adquirir segurança naquilo que fazem, promover a auto-formação, orientar sua formação continuada sem inseguranças e sem manter-se no anonimato da sua própria sala de aula como se boas experiências fossem obras do acaso.

O conhecimento que o homem tem do mundo que o cerca, seja o mundo físico, o social ou o cultural, está em constante modificação. Observa-se não só seu avanço, na medida em que, continuamente, novas informações são acumuladas, mas principalmente uma alteração persistente na velocidade com que ele ocorre. Cada vez mais toma-se consciência de que a formação profissional não se encerra na escola, mas continua durante toda atividade da pessoa; obrigando a uma atualização permanente. Por esse motivo, formação continuada é um conceito presente nos dias atuais, tanto para a profissão de professor como para outras profissões.

O conhecimento que o professor detém não é fruto da sua formação inicial, apenas. Também não o é da formação continuada, tão somente. O que o garante é o conjunto de ambas, enriquecido com a sua trajetória, como elabora os valores, como se relaciona com os alunos, seus preconceitos e discriminações, o não-verbal na sala de aula, suas

vivências e todo um *mundo* que deve ser visto e compreendido como conteúdo e cuja execução precisa incorporar a integração, a análise e a reflexão. São fontes significativas em relação à prática pedagógica.

Tanto para o Bacharelado como para a Licenciatura, os caminhos que se apresentam atualmente, pautam-se por concepções de educação, ensino e aprendizagem alicerçadas nos “*estudos sobre o pensamento do professor*”, que enfatizam a reflexividade.

A prática reflexiva precisa ser compreendida para ser exercitada. Significa o desvelamento da epistemologia que a sustenta para que não seja uma reflexão às cegas.

Habilidade complexa e à qual fomos desacostumados devido ao incentivo ao fazer mecânico, eficaz e eficiente, a reflexão recupera sua importância nesse momento em que novas condições estão sendo exigidas dos cidadãos de um mundo em mudanças aceleradas. O professor desponta, então, como a figura importante, pois será sua atuação diferenciada que proporcionará, ou não, as condições para o aprendizado e desenvolvimento da habilidade de refletir.

A atuação diferenciada, nos dias atuais, está a requerer o conhecimento teórico-científico, a valorização da experiência, a tomada de consciência epistemológica, a reflexão, a autonomia, a criatividade e a responsabilidade social e intelectual dos professores formadores. A essas condições deve estar amalgamado o comportamento ético em que o exemplo pessoal é um dos procedimentos didáticos comprometidos com a formação pessoal e profissional do aluno.

Os pontos importantes para o docente que forma futuros professores de 2º ou de 3º grau são: - ter a conscientização de quais são suas reais posições com relação ao processo de ensino e aprendizagem, ou seja, desenvolver a tomada de consciência da sua prática para que ela não seja alienada, mecânica e reprodutivista; - socializar as experiências pedagógicas com os pares para que seu trabalho seja compartilhado e não isolado e anônimo; - adquirir e exercitar a prática reflexiva como base para a prática docente e análise da mesma; - tornar a realidade concreta em vivência na sala de aula; - desenvolver atitude de parceria com os alunos, que são adultos. Evidentemente, é necessário que tal prática esteja ancorada sobre uma sólida formação pedagógica, subsidiada pelos atuais estudos sobre o pensamento do professor, cuja principal abordagem é o pensamento prático reflexivo. Faz-se necessário reafirmar que tanto na formação inicial quanto na formação continuada, a presença de um “*lastro institucional e filosófico comum*” é imprescindível (Gatti, 1992, p.172).

Os professores-pesquisadores centram suas atividades na pesquisa universitária e, portanto, nos assuntos que constituem a linha de pesquisa escolhida por eles. Para pesquisar, desenvolver e produzir conhecimentos, partem de problemas que lhe são significativos e que os motiva ao trabalho. Aprendem, assim, que para conhecer são necessárias situações problematizadoras, hipóteses e a busca de comprová-las, refutá-

las ou reformulá-las, extraindo, desse processo, a descoberta e o conhecimento. Como adultos, não aceitariam outro estilo de aprendizagem. No entanto, oferecem resistência e relutam em ver no aluno universitário, o adulto que tem o direito de aprender pelo mesmo processo pedagógico do ensino centrado em situações-problemas, cuja descoberta ou conhecimento se tornaria, então, significativo.

Do ponto de vista institucional é urgente a assunção da valorização da docência em igualdade com a valorização da pesquisa. Se a instituição é também formadora, é preciso que assuma sem meios termos o compromisso com a docência.

O professor não pode *deixar o pesquisador lá fora* quando exerce a docência. O profissional mais indicado para ensinar a atitude de busca constante, incansável e perspicaz pelo saber e fazer é o professor-pesquisador ou pesquisador-professor.

Como superar os obstáculos é o desafio que se coloca para os que se preocupam com as questões relacionadas à prática docente: criar condições que favoreçam a atitude de cooperação entre os docentes e possibilitar o exercício de uma prática reflexiva.

Referências Bibliográficas

- BARREIRO, A. C. M. A prática docente do professor de física do 3º grau. São Paulo: FEUSP, 1996. Tese (Doutorado em Educação).
- GATTI, B. A formação dos docentes: o confronto necessário professor x academia. **Cadernos de Pesquisa**, n.81, p.70-74, maio 1992.
- NÓVOA, A. (coord.) Profissão professor. Porto: Porto Editora, 1991.

DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DE PROFESSORES SOB UMA ÓTICA SÓCIO-LINGÜÍSTICA

Arnaldo Vaz (avaz@turing.unicamp.br)
Depto de Metodologia de Ensino - Fac. Educação - UNICAMP
telefax: (019) 239-7931

O desenvolvimento profissional de professores (DPP) está na ordem do dia. Educadores em geral, bem como pesquisadores em ensino de física e em educação matemática, estão envolvidos na promoção de DPP e em pesquisas sobre DPP.

Nesta comunicação argumento que o avanço na discussão da questão do desenvolvimento profissional de professores nos últimos tempos, ainda não foi suficiente para dar conta de sua complexidade.

Hoje é comum os especialistas em educação proporem que se forme o professor pesquisador, ou o professor reflexivo ou que se faça pesquisa em colaboração. Professores começam a participar de iniciativas como pesquisa etnográfica, biográfica, pesquisa-ação etc; além de participar de cursos e oficinas. Como apesar desses esforços persistem os problemas de comunicação entre pesquisadores e professores, há de se concluir que ainda há o que fazer para que o diálogo entre esses dois mundos se estabeleça.

Minha contribuição nesse sentido é, primeiro, com críticas às proposições a respeito do desenvolvimento profissional docente de Lee Shulman, Donald Schön e de partidários da pesquisa-ação por professores. Em segundo lugar, com base na faceta sócio-lingüística do trabalho de Paulo Freire, apresento alternativas de pesquisa e de ação.

Pesquisa e Ação

Ao tratar do desenvolvimento profissional de professores (DPP) estamos considerando dois temas:

- a) a promoção de DPP e
- b) a pesquisa sobre DPP.

Há três ou quatro décadas se falava em treinar professores. Hoje, já não se coloca a questão da melhoria do ensino nesses termos. Atualmente, quando se fala em promover o DPP, primeiro se reconhece que o curso de graduação (magistério ou licenciatura) deve ser considerado apenas como um estágio inicial na formação dos professores; formação essa que passou a ser definida como *continuada*. Segundo, se reconhece que não são novas abordagens do conteúdo, novos recursos didáticos ou novas metodologias de ensino que vão garantir maior aproveitamento dos alunos.

O magistério é uma profissão peculiar. Há uma grande diversidade de emoções, valores, habilidades, experiências e conhecimento envolvidos na atuação profissional dos professores. Em alguns aspectos ela guarda

semelhanças com profissões como medicina e arquitetura, em outros com a magistratura e assim por diante. Por causa das semelhanças, por vezes usa-se o artifício de analisar o desenvolvimento profissional desses outros profissionais e assim formular algum preceito acerca do DPP. Há de se considerar, no entanto, que esses modelos deixam a desejar quando se passa do domínio das preceituações para o da prática; ou seja, da promoção de DPP; daí a importância da pesquisa na área.

Pode-se dizer que se desenvolve basicamente dois tipos de pesquisa sobre DPP: estudos exploratórios ou trabalhos de fundamentação teórica. Os primeiros são levantamentos sobre a necessidade, a viabilidade, a aplicação ou o impacto de cursos ou outras iniciativas (oficinas, programas de formação continuada, formação inicial, pós-graduação etc). Os demais trabalhos de pesquisa buscam uma fundamentação teórica para questões metodológicas e envolvem reflexões sobre:

- a) o saber ou competência profissional do professor;
- b) os pressupostos de programas de formação (presentes ou passados);
- c) as diferentes visões de pesquisa sobre DPP.

Avanços

Compreender que DPP não resulta de treinamento de professores foi um avanço. Na época do PSSC e demais projetos de ensino, havia uma expectativa de que aprendidas certas "técnicas" de ensino pelos professores e sanadas suas deficiências de conteúdo, se observaria maior aprendizagem pelos alunos. O magistério, como se tornou inequívoco a partir de então, não se reduz a conteúdo mais metodologia de ensino. A tendência atual de se ouvir a história profissional dos professores, por exemplo, resulta de uma preocupação em levar em consideração fatores emocionais e afetivos envolvidos nessa questão.

Percebe-se portanto a gradativa adição de fatores intervenientes no processo de DPP ao modelo inicial, onde considerava-se a questão do ponto de vista puramente epistemológico. Sem dúvida, à medida que uma pessoa se transforma de um indivíduo qualquer em alguém preocupado em ensinar algo a outras pessoas e daí em alguém competente em produzir situações de aprendizagem, essa pessoa está, ela mesma, adquirindo conhecimentos, habilidades e competências. Porém, isso não é tudo. Essa pessoa se torna mais segura, emocionalmente mais madura, socialmente mais respeitada e assim por diante.

Unidade Elementar de Análise e a questão do DPP

Foi um avanço se considerar que além de conhecimento, o DPP envolve esses fatores emocionais, históricos etc. No entanto, embora tenham ampliado seu domínio de interesse para além do cognitivo, a maioria dos pesquisadores sobre DPP, e também dos responsáveis pelo desenvolvimento de professores propriamente dito, tomam como

elemento, como menor unidade de trabalho, o indivíduo-professor. Duas ressalvas precisam ser feitas quanto a isso. Primeiro, essa não é uma escolha intencional, que envolva uma justificativa articulada. Segundo, essa não é uma opção conveniente para se abordar a questão central do DPP; ou seja, a dificuldade de realizar programas de DPP que de fato conduzam os professores a uma prática profissional mais apurada.

A ineficácia da maioria das iniciativas de promoção de DPP é notória. A persistência dessa tendência decorre, ao que me parece, desses avanços terem sido sobretudo no sentido de diversificar as análises, mas não de alterar o objeto de análise. Como esse objeto continua sendo o professor, não se percebe que por vezes um indivíduo não assimila o que lhe propõem, não por que não tenha capacidade, ou pela complexidade do tema. As vezes o indivíduo simplesmente não vê sentido na proposta; é como se estivessem lhe falando de outro mundo.

Reflexão versus Conscientização

Como os professores podem vir a exercer sua profissão em todo o seu potencial? Hoje, a resposta dada pelos especialistas no assunto é: o professor desenvolve seu potencial refletindo sobre sua própria prática. Óbvia, à primeira vista, essa proposta contém alguns preconceitos, que podem e devem ser questionados. Entre eles, há a insinuação de que os professores não necessariamente refletem sobre sua prática. Outra sugestão a se questionar é a de que a reflexão é a melhor via para o exercício mais elaborado da prática docente.

Questionados os preconceitos, a proposta provavelmente será, enfim, de reflexão crítica pelo professor. Porém, tendo sido feito aquele questionamento, já se terá consciência que a reflexão é algo que professores e docentes universitários fazem de maneira diferente. Nesse momento, a unidade elementar de análise da questão passou a ser as classes de professores, não os professores individualmente.

Enquanto na acepção usual de DPP se se preocupa com as representações dos professores, na presente acepção a preocupação passa a ser com a comunicação entre membros dos grupos sociais envolvidos; com o diálogo entre dois mundos. Uma pesquisa sobre DPP que tem essa perspectiva é a pesquisa sócio-linguística.

Contra a tradição de entrevistas estruturadas é comum propor entrevistas abertas. No primeiro caso há uma preocupação com a objetividade da investigação, no segundo, a preocupação é com a “interferência” do pesquisador. Quando se propõe a adoção de uma perspectiva sócio-linguística de pesquisa, a diferença entre as visões de ensino, aprendizagem, educação etc dos participantes passa a ser mais importante que as visões em si. A avaliação dessa diferença pode ser feita de várias maneiras. E, de fato, o estudo das representações dos professores é uma delas. Numa investigação (Vaz e Watts, 1996; Vaz, no prelo) sobre as idéias e práticas de professores primários a respeito do

ensino de ciências, foi conduzida uma investigação temática a esse respeito onde representações dos pesquisadores eram contrapostas às dos professores, como será exposto.

Bibliografia

- Bell, B.; Gilbert, J. (1996) **Teacher Development: A model from science education**. London, Falmer Press.
- Carr, W.; Kemmis, S. (1986) **Becoming Critical: Educational Knowledge and Action Research**. London, Falmer Press.
- Giroux, H.A. (1988) **Teachers as Intellectuals: Toward a Critical Pedagogy of Learning**. Westport, Conn., Bergin and Garvey.
- Kincheloe, J.L. (1993) **Toward a Critical Politics of Teacher Thinking: Mapping the Postmodern**. Henry A. Giroux & Paulo Freire (Eds). Westport, USA, Bergin & Garvey.
- Olson, J.K. (1992) **Understanding Teaching**. Buckingham, UK, Open University.
- Pontuschka, N.N. (1993) (org.) **Ousadia no Diálogo: interdisciplinaridade na escola pública**. São Paulo, Edições Loyola.
- Schön, D.A. (1987) **Educating the Reflective Practitioner**, Jossey-Bass, San Francisco.
- Shulman, L.S. (1986) **Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching**. *Educational Researcher*, Vol. 15, 2, pp. 4-14.
- Universidade de São Paulo. Coordenadoria Executiva de Cooperação Universitária e de Atividades Especiais - CECAE (1993) **A Universidade e o Aprendizado Escolar de Ciências**. São Paulo, USP.
- Vaz, A. (1996) **Being Challenged - Reflections on the contribution of Paulo Freire's work to teacher education: the Thematic Investigation of primary teachers' thinking and practice with regard to the teaching of science**. Tese de Doutorado. Centre for Learning and Research in Science Education, Roehampton Institute, Universidade de Surrey, Grã Bretanha.
- Vaz, A. (no prelo) "Saber Estratégico de Professores Primários: Pesquisa Crítica em Ensino de Ciências", **Pro-Posições**, Vol. 7 (4).
- Vaz, A.; Watts, M. (1996) "A Clash of Cultures: Physics and the Primary Scientist" **Early Child Development and Care**, Vol. 117, pp. 99-112.

A IMPORTÂNCIA DA REFLEXÃO SOBRE A PRÁTICA NA QUALIFICAÇÃO DA FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR DE FÍSICA

Elsa Garrido e Anna Maria P. de Carvalho
Faculdade de Educação da USP

Introdução

Os cursos de formação de professores, tanto aqueles destinados à preparação de futuros professores, como aqueles voltados para a atualização docente, vem sendo considerados insatisfatórios desde longa data.

Segundo Schön (1983, 1987), a fragmentação das disciplinas, a desarticulação entre a teoria e a ação, a separação entre as pesquisas desenvolvidas na universidade e as práticas conduzidas nas escolas resultam do modelo de racionalidade técnica que configura os currículos universitários de formação do professor. Segundo esse paradigma, as práticas docentes, enquanto ciências aplicadas, decorrem da teoria: nada mais são do que aplicações de modelos teóricos. A relação entre teoria e prática tem sentido único e não dialógico. A escola e o saber aí ministrado não constituem o objeto privilegiado de estudo do pesquisador. Essa postura traz como corolário o desprestígio da profissão de professor, confinado a ser mero executor de propostas desenvolvidas por especialistas, mero consumidor de pesquisas e de políticas definidas de cima para baixo. A desvalorização da profissão e dos cursos de Licenciatura contribuem para reforçar a baixa qualidade do ensino.

Ora, as análises de Schön salientam a insuficiência dos quadros teóricos para orientar a prática docente. A atividade e as interações em sala de aula são marcadas por uma atmosfera acelerada, imprevisível, permeada por conflitos manifestos e latentes e por constrangimentos culturais e institucionais. O professor caracterizar-se-ia muito menos por ser um especialista, que aplica seu conhecimento para resolver problemas técnicos, e muito mais por ser um "prático reflexivo" que age e que toma suas decisões com base na ponderação e na avaliação que faz das situações específicas de cada sala de aula. A prática do professor estaria sendo elaborada pela "reflexão na ação", isto é, pela reflexão empreendida antes, durante e depois da ação.

O autor sugere um novo design para a formação do professor. Este aprenderia a ser professor refletindo sobre a própria prática, retomando-a, descrevendo-a, problematizando-a, distinguindo as dificuldades que ela coloca, sugerindo hipóteses de solução e testando-as, procurando as razões por detrás de suas ações (ou usando a expressão de Zeichner, 1993, procurando entender "porque fazemos como fazemos"), observando as reações dos alunos, verificando como aprendem, procurando entender o significado de suas questões e de suas respostas... Essas atividades

seriam próprias de uma atitude investigativa, caracterizando o professor como pesquisador, como produtor de um saber e de um saber fazer docente. Desloca-se, assim, o eixo de produção do saber pedagógico da universidade para a escola e para a sala de aula em particular. O saber sobre o ensino não se daria antes do fazer, como estabelece o paradigma da racionalidade técnica. Produz-se no esforço de inovação e de procura de novas soluções para os problemas vivenciados. E o trabalho do pesquisador só poderia se efetivar enquanto fenomenologia da prática, isto é, enquanto "reflexão da reflexão da prática", exercida em conjunto com o professor, parceiro necessário.

A concepção do professor como prático reflexivo, introduzida por Schön, é compartilhada por muitos autores, entre os quais podemos citar Baird e cols. 1991, Nóvoa 1992, Kemmis 1993, Zeichner 1993. Este último autor, entretanto, pontua algumas limitações que merecem ser explicitadas. Critica a forma como o *practicum* e a reflexão têm sido concebidos, limitados a questões metodológicas do ensino e à organização da sala de aula. Não têm sido discutidos os programas e sua validade. Os aspectos culturais, a dimensão moral, os valores também não têm sido levados em consideração. Além disso, a valorização da reflexão sobre a prática tem frequentemente subestimado a importância da teoria e da instrução sistematizada. Citando Feiman-Nemser e Buchman (1985), Zeichner lembra que "nem a experiência de primeira mão nem a instrução universitária poderão valer por si próprias. Sem ajuda para examinarem as opiniões e idéias correntes, os candidatos a professor irão manter as opiniões convencionais ou incorporar novas informações e experiências em velhas estruturas" (1993, pág. 62). Rejeita ainda o individualismo, a atitude isolada da reflexão empreendida pelo professor. Assumir que os professores precisam ter mais controle sobre suas condições de trabalho, significa valorizar ações conjuntas, projetos coletivos, capazes de modificar os contextos escolares, significa criar uma comunidade crítica de professores, como diria Kemmis (1993). Significa também rever as relações de poder entre a universidade e as escolas e rever o papel dessas instituições na formação inicial de professores. Significa, ainda, rever as interações entre o professor universitário e o professor secundário e o papel que cada um pode representar na produção de conhecimento sobre o ensino e na mudança das práticas docentes, entendida como um indicador da formação continuada efetiva. E significa, por fim, passar a reconhecer e a respeitar os conhecimentos práticos dos bons professores, figuras ausentes na literatura científica sobre o ensino.

As pesquisas sobre ensino construtivista retoma a questão sob nova perspectiva. As concepções e crenças dos professores sobre a natureza da ciência e sobre a forma como os alunos aprendem influem nas decisões sobre o ensino e nas práticas docentes (Carvalho e Gil, 1993). A pesquisa tem mostrado a força dessas concepções alternativas ao

longo da implementação de programas inovadores na escola secundária (Garrido e Carvalho, 1993).

Para além da necessidade de recursos e de reforço institucional, o professor não conseguirá promover uma efetiva mudança na sua didática se não tiver se libertado da crença nas idéias de senso comum sobre o ensino, centradas no poder da transmissão verbal e no direcionamento das atividades tendentes a minimizar o erro (Trivelato 1993, Garrido e Carvalho 1993).

O potencial e a qualidade das interações em sala de aula não se esgotam na seleção e aplicação de determinadas estratégias de ordem pedagógica. Num trabalho de avaliação que se estendeu por dois anos sobre a manutenção de práticas construtivistas entre professores que freqüentaram um curso de formação continuada, Constable e Long (1991) notaram que os professores que melhor conduziram as inovações foram aqueles que se mostraram mais fiéis ao modelo. Essa fidelidade contribuiu também para favorecer a compreensão da teoria subjacente às propostas pedagógicas do curso. Por isso, o entusiasmo de muitos professores pragmáticos que não vislumbram a importância da dimensão teórica no processo de condução das inovações pedagógicas não é suficiente para produzir mudanças consistentes e duradouras. Elas precisam da teoria não só para dar sentido e direção às alterações práticas, mas também, como vimos acima no trabalho das autoras inglesas, para manter e revigorar as inovações introduzidas.

Uma outra linha de pesquisa também tem oferecido novos subsídios para mostrar a importância das teorizações que o professor faz sobre o ensino e a prática que ele desenvolve em sala de aula. Nesse sentido, as concepções epistemológicas do professor sobre a natureza do conhecimento científico podem ser um entrave à criação de um clima de investigação. Geddis (1991) observa que embora as classes usualmente numerosas sejam um fator limitante à promoção da independência intelectual, há professores que cerceiam a liberdade de pensamento e desvirtuam a reflexão enfatizando a persuasão e limitam seu alcance ao não estimular a busca de múltiplas alternativas. Por sua vez, atitudes positivistas tenderiam a valorizar a informação em detrimento dos processos subjacentes à produção do conhecimento. Tais atitudes pressupõem que o aluno pensa melhor porque está mais informado. Daí a preocupação com o cumprimento do programa, apresentado de forma descontextualizada, sem oportunidade para os estudantes pensarem efetivamente sobre o significado e as implicações teóricas e práticas do conteúdo que estão aprendendo. Ora, a densidade, a abstração, a linguagem e a complexidade dos novos conceitos costumam mais confundir o aluno do que elucidá-lo (Young 1981, Anderson e Belt 1987, Brickhouse 1989, Glasson e Lalik 1993).

A literatura tem registrado as primeiras experiências no sentido de promover cursos de formação de professores em que estes não são considerados apenas como futuros consumidores de novos produtos

pedagógicos, mas são estimulados a elaborar atividades que envolvem mudanças didáticas e a examinar e questionar os pressupostos subjacentes às suas resistências à mudança. Embora essas tentativas sejam ainda pouco numerosas têm se caracterizado por um trabalho coletivo em que os participantes se engajam em projetos e atividades comuns o que possibilita não só a troca entre os pares, mas também, um estreitamento das relações interpessoais, criando um clima de encorajamento e de suporte emocional à ansiedade inerente ao enfrentamento com o novo (Gil-Perez 1982, Porlan e cols 1987, Butt e cols. 1990, Baird e cols. 1991).

Nesses cursos de formação de professores os alunos têm sido estimulados a elaborar e a executar projetos práticos a serem desenvolvidos junto aos estudantes secundários. Tais atividades, além de possibilitar a vivência de propostas pedagógicas inovadoras, fazem com que eles se inteirem dos detalhes e dificuldades que essas propostas colocam, das deficiências do seu desempenho, ou de suas eventuais resistências à mudança. A sala de aula nesses cursos de formação de professores tem sido o espaço de expressão e esclarecimento das dúvidas, das dificuldades que essas experiências práticas têm suscitado e de uma reflexão que lhes permite aprofundar sua compreensão sobre o ensino (Trumbull e Slack 1991).

Essa reflexão não deve ser confundida com a análise de desempenho que visa apenas ao aprimoramento do saber técnico. Ela implica num retomar da ação, num exame sistemático da mesma, num questionamento de seus aspectos aparentemente óbvios, com a preocupação de conduzir o diálogo aos fundamentos teóricos. Nesse contexto, a mudança didática faz parte de um processo mais amplo e profundo de reconstrução conceitual (Calderhead, 1989).

A possibilidade de gravar em vídeo o comportamento docente e de discuti-lo em classe, contribui de maneira decisiva para a dinâmica e a qualidade da discussão. As imagens do vídeo causam impacto e falam por si mesmas. Favorecem a relação teoria - prática, na medida em que o comportamento docente mostrado no vídeo precisa ser teoricamente defendido. Quando isso não é possível, fica patente a inconsistência entre os princípios proclamados e a ação (Carvalho 1989).

Por tratar os participantes como sujeitos de seu processo formativo, esses cursos têm contribuído para tornar o professor-estagiário um "pesquisador principiante". Ele aprende a olhar os vídeos de suas aulas não apenas como sujeito, mas como observador. Aprende a pensar o ensino e a sua atuação, aprende a tematizá-los e a lhes propor alterações. Desse modo a reflexão sobre o desempenho do professor torna-o consciente da epistemologia subjacente às suas decisões instrucionais (Carvalho 1989).

Cursos assim concebidos têm apresentado resultados promissores. Santos (1993) observou aulas dadas por professores-estagiários em escolas secundárias. A autora registrou mudanças didáticas. Entre os

indicadores de mudança foram salientados: 1) maior autonomia e liberdade de ação e de expressão dos alunos; 2) maior índice de questões abertas, não tendentes a direcionar as respostas dos alunos; 3) maior estímulo ao trabalho em grupo; 4) tendência a valorizar e estimular a participação dos alunos nas atividades; e 5) maior autoconfiança e espontaneidade na coordenação das atividades das classes.

Estudo de Caso

Este estudo teve por objetivo registrar eventuais mudanças nas concepções de ensino e nas práticas docentes em sala de aula, resultantes de um trabalho sistemático de reflexão em um curso de formação de professores. Até que ponto o tratamento dado ao curso conseguiu enfraquecer o estatuto das concepções alternativas dos professores sobre o ensino; até que ponto provocou conflitos cognitivos entre os participantes, de modo a torná-los abertos à mudança; e até que ponto foi possível registrar mudanças nas suas concepções epistemológicas e nas suas práticas didáticas?

Este curso, tem a duração de um ano. É constituído de atividades na Faculdade de Educação e de aulas de Física dadas pelos alunos universitários nas escolas secundárias, na qualidade de professores-estagiários.

Na Faculdade, consideramos os pressupostos teóricos de um ensino que pretende levar os alunos a construir o seu próprio conhecimento. Discutimos como essa fundamentação teórica poderia ser traduzida em atividades de ensino. Interessamo-nos particularmente por aquelas atividades que envolvem o laboratório ou que se refiram à resolução de problemas. Planejamos, a seguir, as atividades a serem desenvolvidas nas escolas secundárias. Por fim, vemos e examinamos os vídeos gravados nas aulas que os alunos deram nessas escolas.

A classe que ora estudamos era constituída por 15 alunos, dos quais 2 eram professores formados que davam aula na rede pública e que voltavam à universidade em busca de aperfeiçoamento; 5 eram estudantes que já atuavam como professores regulares na rede pública ou privada; e os demais eram estudantes com pouca ou nenhuma experiência de magistério.

Os alunos que já eram professores gravaram em vídeo algumas de suas aulas de laboratório e de resolução de problemas. Os alunos que não tinham classes regulares deram suas aulas em classes de outros professores. Essas aulas também foram gravadas em vídeo.

Os vídeos das aulas dadas nas escolas secundárias eram apresentados nos encontros de Prática de Ensino na Faculdade, quando então se tornavam objeto da reflexão de todo o grupo. Estas sessões na Faculdade, objeto deste estudo, também foram gravadas em vídeo.

Os vídeos foram a fonte de situações que levaram os licenciandos a entrar em conflitos cognitivos e atitudinais em relação aos seus próprios

conceitos de ensino. A discrepância do que se fazia em classe e o que eles, nas discussões teóricas, diziam que deveria ser feito apareceu com uma frequência muito grande.

As aulas no curso de formação de professores - refletindo sobre o comportamento dos professores nas classes do secundário.

No diálogo, os professores, mesmo aqueles que tinham ampla experiência didática, manifestaram vivamente o sentimento de ansiedade durante a primeira experiência de ensino: "fiquei deprimida"; e uma outra: "fiquei traumatizada". A experiência de ter seu trabalho visto e criticado também foi penosa, tanto que vários postergaram a data da primeira aula, para não serem os primeiros a ter seus vídeos analisados. Ao longo das sessões verificou-se que eles se mostravam mais receptivos aos comentários críticos, na medida em que ganhavam maior autoconfiança e melhor entendimento de seu novo papel e dos fundamentos de sua ação.

No início, suas observações apontavam deficiências nos alunos: "eles não discutiram". "Eles não entenderam o enunciado do problema". Em seguida suas questões expressavam o desejo de saber a maneira correta de desenvolver a atividade, queriam receber instruções sobre como proceder: "No começo eles estavam no ar. Eu também não sabia em que hora devia falar certas coisas... Ficava com medo de dar respostas"; "o que me angustia é saber o que eu posso dizer e o que não deveria dizer? Isso é que a gente precisa saber, Como saber se estou ou não direcionando ou induzindo as respostas dos alunos?" "Será que devo responder às dúvidas que eles apresentam?" "Será que falei demais no momento de sistematizar o trabalho?"

Eles manifestam dificuldades práticas. Ensinar passa a ser um problema para o qual desejam respostas prontas do professor. Agem como consumidores de propostas inovadoras e não se colocam na posição de construtores, de inventores do seu ensino. Não levantam hipóteses ou alternativas para solucionar seus problemas. Nessa medida agem de maneira inconsistente com a proposta construtivista que desejam desenvolver.

Por outro lado, como a professora de Prática de Ensino coordenou e fez avançar a reflexão? Como conseguiu promover a independência dos licenciandos, tornando-os aptos a conduzir a reestruturação da sua prática pedagógica? Como conseguiu estimular o questionamento e o aprofundamento sobre essa prática, possibilitando novas teorizações sobre o ensino?

Sua atitude inicial era de reforço ("mas está ótimo, não sei porque você ficou tão aflita") ou de compreensão em relação a uma atuação menos feliz: "Não é só eles (os alunos da escola secundária) que estão no começo, vocês também estão no começo". Para minimizar o sentimento de ansiedade, procurava ser cuidadosa ao apontar as deficiências.

Instruiu os alunos sobre muitas de suas dúvidas, em outras palavras, ela também ensinava: "você passou o problema muito rápido; talvez eles não tivessem entendido. Ponha o problema na lousa. Na lousa ficam as coisas importantes". E em outro momento: "você perguntou o porque. Mas você respondeu. Isso é comum nos professores. Você precisa parar na pergunta". Mas logo em seguida adverte: "você está querendo receita? Não há receita. Você é que vai construir sua prática".

Ao longo das sessões, procura redimensionar a discussão, desviando-a do nível das considerações pragmáticas, para uma abordagem teórica rica de significado porque contextualizada. Assim, referindo-se ao sentimento de ansiedade, expresso pelo grupo em relação à primeira atividade de ensino, diz: "meu referencial teórico é a construção do conhecimento segundo Piaget. Como o conhecimento é construído segundo essa perspectiva? Quando você consegue se desequilibrar e assimilar a desequilíbrio, reequilibrando-se. Quando você não tem desequilíbrio você não tem produção de conhecimento. Às vezes essa produção de conhecimento não precisa ser tão traumática. Mas o desequilíbrio é importante..." Em um outro momento, ao ver no vídeo o professor dando uma aula expositiva logo depois de uma aula de laboratório, pergunta: qual é sua idéia de laboratório? Para que ele serve?

Uma outra característica do metadiscorso observado nesses encontros diz respeito à colocação de questões que pudessem levar os participantes a descolarem-se de sua atuação, pensando-a agora como observadores e como pesquisadores: "porque os alunos desta classe tiveram mais facilidade para resolver o problema? Que hipóteses poderiam ser propostas para explicarmos esse fato? E num outro contexto comenta: "vamos ver se a gente consegue ouvir o raciocínio dos alunos, e não só o fazer do professor. Como o aluno pensa quando trabalha um problema aberto?"

Atitudes e comportamentos de resistência à mudança

Mudanças epistemológicas e didáticas supõem insatisfação do sujeito com seus próprios conceitos e práticas. Para tanto é preciso que o professor atue como provocador de "conflitos cognitivos". Entretanto, Dreyfus e cols. (1990) ressaltam que a desestruturação cognitiva não é garantia suficiente para o aparecimento de mudanças. Há necessidade de suportes e contextos que favoreçam os processos de reestruturação.

Por isso, as eventuais mudanças decorrentes da reflexão sobre as práticas dos professores-estagiários não ocorrem facilmente. Baird e cols. (1991) salientam que é preciso despende tempo e esforço para que mudanças conceituais significativas ocorram. O suporte do professor universitário, no nosso caso, ou de um pesquisador-observador, em outros relatos da literatura, é fator importante para manter esse esforço. Hewson e Thorley (1989) já haviam observado que a tarefa de verbalizar, retomar, rever, avaliar as próprias crenças é condição para a mudança,

mas o sujeito não consegue empreendê-la sozinho, sem a ajuda de um professor que monitore a reflexão, antes que ela possa futuramente ser empreendida pelo próprio indivíduo.

O exemplo de um episódio pode ilustrar a dificuldade do professor-estagiário para mudar sua prática apesar de ter estudado a teoria e de ter se engajado voluntariamente numa atividade coletiva de ensino construtivista:

(O vídeo começa a mostrar a aula expositiva de um dos participantes. Ele olha a tela tenso, ansioso, roendo as unhas.)

Prof.: as perguntas dele são todas de completar.

Aluno-estg1: essa é a primeira aula depois do laboratório.

Prof.: você está deixando os alunos sem cabeça e com ótimo caderno. As variáveis, as coisas importantes foram postas por você. Eles não pensaram. Olhe essa fita outra vez e veja, em vez deles pensarem é você que discute. A parte intelectual que é a grande novidade para eles é você quem dá... Há um momento que você diz uma coisa importante - a velocidade inicial é zero -. Você falou baixinho. Sua consciência está limpa. Mas a classe ouviu? Você sabe que isto é importante e que é complicado.

(...)

Prof.: o problema ainda não está claro para a classe, e você já está passando para o plano de trabalho. O plano de trabalho é função do problema,

Prof.: Eles sabem porque fizeram as medidas que foram pedidas?

(...)

Prof.: o foco da aula de laboratório deve estar na medida ou na parte intelectual?

Aluno-estg1: é que essa aula é depois do laboratório, por isso eu falei mais.

Prof.: isso é que me aflige: você volta para explicar tudo.

Aluno-estg1: no laboratório os alunos tiraram as medidas e agora têm que chegar à conclusões.

Prof.: qual é sua idéia de laboratório?

Aluno-estg1: que os alunos trabalhem com os dados para poder unir com a teoria.

Prof.: sua concepção de laboratório é que ele serve para verificar. Quem vai unir os dados à teoria?

Aluno-estg1: o aluno.

Prof.: veja se foi o aluno que uniu ou se foi você?

Apesar de já terem sido estudados textos teóricos sobre as funções de um laboratório didático que enfatizavam de graus de liberdade que se poderiam alcançar nesta atividade, o aluno ao dar a sua aula de laboratório o faz de uma maneira bastante tradicional. Temos que compreender que os professores têm idéias, atitudes e comportamentos

sobre o ensino, devido a uma longa formação "ambiental" durante o período em que foram alunos (Hewson e Hewson 1988). A influência desta formação incidental é enorme porque responde a experiências reiteradas e se adquire de forma não reflexiva, como algo natural, óbvio, escapando, assim, à crítica e transformando-se num verdadeiro "conceito espontâneo sobre o que seja ensinar". Esse é um modelo vivo e portanto mais forte do que leituras teóricas. Somente muita reflexão sobre o próprio agir pedagógico pode levar a uma mudança de comportamento em sala de aula.

Mudanças epistemológicas sobre o ensino e a prática docente

Conforme as sessões avançam, os participantes aprendem a analisar as aulas. Adquirem maior segurança. O clima fica mais descontraído. Surgem brincadeiras e os primeiros relatos de experiências satisfatórias. Um dos professores, por exemplo, informa que escolheu uma turma difícil da escola para realizar as atividades. Nesta classe, todos chegaram às conclusões sobre os problemas abertos (já tinham trabalhado com problemas referentes ao mesmo conteúdo, porém fechados). Ele se surpreendeu com o resultado: os alunos levantaram variáveis que nem ele havia previsto. O entusiasmo foi grande e outras turmas quiseram ter atividades semelhantes.

Reproduzimos alguns episódios sobre mudanças nas teorizações de uma das licenciandas sobre o ensino e sobre sua prática docente:

Em alguns dos episódios ocorridos numa das primeiras sessões de discussão dos vídeos:

Prof-estg2: muitos alunos me perguntaram o que significava "quanto tardará" (no enunciado do problema aberto: "quanto tardará a luz do Sol para chegar à Terra?")

(...)

Prof: seja mais simples. (Olhando o desenrolar do diálogo no vídeo) você faz muitas perguntas que eles participaram, mas não quer dizer que estivessem entendendo mais. Têm perguntas que não querem dizer nada... Veja como é o tipo de pergunta que o professor faz. Anote as perguntas do professor e procure classificá-las. São perguntas que fazem o aluno pensar ou que fazem o aluno ter trabalho... (E voltando-se para a classe) ao analisarem suas aulas classifiquem suas perguntas e suas falas. E também a dos alunos. A aula deixa de ser uma coisa confusa.

Prof-estg2: sou um pouco autoritária. Já no primeiro dia digo que não quero bagunça. Problemas de disciplina eu não admito.

(...)

Prof-estg2: eu acho que eu direciono muito.

Prof-: se você fica muito com o aluno você vai dar a resposta porque você fica aflita.

(...)

Prof-estg2: não deixei consultar nada.

Prof.: Pode consultar. Deve consultar. Como o cientista resolve um problema? Qual a primeira coisa que o cientista faz para resolver um problema?

Classe: entende.

Prof.: procura nos livros. Vê a bibliografia. Ver no livro não vai dar a solução. A solução vai começar quando o aluno hipotetizar. Para você achar, você tem que saber o que quer. E o livro é uma coisa boa, útil. Livro é para ser usado.

(...)

Prof-estg2 (vendo no vídeo os pequenos grupos de adolescentes trabalharem, constata): eles ficam em grupo, mas trabalham individualmente.

Prof.:... uma das coisas mais importantes na produção do conhecimento é a interação social... Se os alunos estão em grupo, mas cada um está trabalhando sozinho, será que eu não estou induzindo o trabalho individual mesmo quando sentados em grupo? Aí não há crescimento.

Prof-estg2: é acho que é isso. É que eu não quero que eles copiem uns dos outros.

Prof.: isso não acontece quando você dá um problema novo que ninguém sabe. Aí não dá para copiar. Se a questão não é de lembrança, se eles precisam pensar e discutir, então não vão ter necessidade de copiar.

Prof-estg3: se um só escreve e os outros falam é melhor porque mais gente participa.

Prof-estg2: estava preocupada com o tempo... tinha que acabar para a aula não ficar sem finalização

Prof.: você vai relachando...

(...)

Prof.: sua classe é muito quieta. Cada um está pensando sozinho... Eles precisam discutir mais.

(...)

Prof-estg2: vou aceitar a sugestão do professor-estagiário 3 e dar só uma folha por grupo.

A licencianda expressa suas representações sobre a natureza da ciência e sobre o ensino ao justificar algumas de suas práticas. De um lado, revela concepção positivista sobre a produção do conhecimento científico: assim como o cientista descobriria a verdade sobre a realidade a partir da coleta de dados empíricos, assim também o aluno "acharia" a resposta certa no livro ou a copiaria de um colega. Por isso ela não permite a consulta; por isso seus alunos não são estimulados a trocar idéias entre si. Em contraposição, a perspectiva construtivista, manifesta pela professora, considera que as explicações que dão sentido à realidade e que a tornam inteligível não provêm dos dados, mas são construídas pelo sujeito. A consulta à bibliografia feita pelo especialista ou a

interação com os colegas de classe permitem entender melhor a questão em estudo e oferecem alternativas de solução que enriquecem o projeto investigativo, dando-lhe maior densidade, complexidade e abrangência explicativas. De outro lado, a licencianda tende a direcionar muito as atividades dos alunos. Em várias oportunidades ela usa a preposição "não" para caracterizar seu comportamento pedagógico. Entretanto, o próprio fato de manifestar atitudes tão diretivas seja, talvez, um primeiro indicador de insatisfação em relação ao seu desempenho. E no fim do diálogo ela comunica que irá mudar sua prática pois pretende seguir a sugestão de um colega.

Em encontros ulteriores registramos esboços de mudanças no seu discurso e na sua prática. Ela se mostra mais confiante. Suas teorizações sobre o ensino são mais lúcidas e melhor articuladas. Alguns episódios ocorridos em uma dessas sessões ilustram as referidas alterações:

Prof.: na primeira vez que você deu aula você disse que ficou traumatizada. Como é que você se sente hoje?

Prof-estg2: teve um momento em que me senti mal. Quase quiz largar. Você era muito agressiva. Bloqueava a gente. Queria falar, você não deixava... Mudei muitas coisas do meu curso. Coisas que eu fazia sem saber. Por exemplo, não apagava a lousa ao fim da primeira aula. Ela ficava pronta para as turmas seguintes.

(...)

Prof-estg2: é melhor dar aula deste jeito. Eles relacham mais. Há maior aproximação. Antes dava um tempo para os exercícios e depois corrigia na lousa. A gente era preocupada com o tempo. Tinha que dar a matéria. Agora me preocupo menos com o tempo.

Prof.: há duas coisas que quero discutir: Você diz: sinto que eles relacham mais. Uma coisa é sentir e outra coisa é oferecer fatos que indiquem que eles relacham mais. Procure ver dentro desse sentimento. Sentir não adianta. É preciso trazer fatos que acontecem em aula que traduzam esse maior relachamento.

Prof-estg2: eles perguntam mais. Discutem mais entre si.

Prof.: outra coisa que quero discutir. Estamos vendo problema aberto e você diz: dou exercícios. Por que você dá problemas fechados se acha que problemas abertos são bons? É certo dar exercícios?

Prof-estg2: eles têm dificuldade em leitura. Quando leram o livro-texto não entenderam o que queria dizer "perpendicular". Não sabiam o que era "eixo" Eles não entendem a linguagem dos livros..

Esse pequeno trecho oferece vários sinais de mudança. O estatuto positivista ficou enfraquecido na medida em que o conteúdo programático deixa de ser prioridade. Ela reconhece também que é preciso dar tempo e liberdade para o aluno pensar, perguntar, refletir. Por sua vez, suas decisões pedagógicas além de conscientes - "antes fazia coisas sem saber" -, levam em consideração dificuldades e deficiências dos alunos - dá

exercícios extraídos do livro-texto porque "eles não entendem a linguagem dos livros". Tais reformulações vieram acompanhadas de forte tensão interior - "me senti mal. Quiz largar tudo" e de expressões de projeção e agressividade em relação ao professor que exerceu o papel de agente provocador de mudança - "você era muito agressiva. Bloqueava a gente. Queria falar e você não deixava".

Conclusões

Quando um professor resolve fazer da sala de aula um ambiente de investigação propício à (re)construção conceitual dos seus alunos, conta com trilhas teóricas que orientam sua atividade docente. Mas há dificuldades insuspeitadas a exigir do professor sensibilidade, criatividade e adaptações, fazendo com que seu ensino seja ele também uma tarefa de construção, que se dá paralela e concomitantemente à construção do conhecimento dos conceitos científicos empreendida pelos alunos. É provável que a construção que o professor faz sobre o seu ensino seja mais difícil do que a construção que o aluno empreende sobre os conceitos científicos que estão sendo estudados, não só porque a atenção dos atores se volta para estes conteúdos, mas também, porque falta um agente que exerça de forma sistemática e consciente, a tarefa questionadora que o professor realiza junto a seus alunos, estimulando-os à mudança. Em outras palavras, falta ao professor um observador capaz de provocá-lo.

Os riscos desse empreendimento aliados à responsabilidade inerente às tarefas que o professor desempenha dentro e fora da sala de aula permitem supor que o propósito de rever e de reconstruir o próprio ensino se constitua num processo emocionalmente desgastante. No nosso estudo de caso, os licenciandos manifestaram amplamente o quanto a experiência que viviam era traumatizante e o quanto gerava ansiedade e tensão. Por isso, a professora que exerceu a função de agente provocador de mudança precisou proporcionar suporte emocional constante. Os projetos inovadores implementados pelos participantes foram desenvolvidos num ambiente protetor e constituíram-se em situações reforçadoras, isto é, o êxito ou o melhor desempenho fora um horizonte atingido.

A reflexão sobre as práticas docentes na sala de aula da Faculdade teve por finalidade exercer essa tarefa provocadora e estimuladora de mudanças conceituais e didáticas. Além das mudanças observadas, o curso contribuiu para a autoconfiança, aumentou a capacidade de análise dos fenômenos em sala de aula e tornou os professores mais atentos em relação ao significado das falas dos alunos. A receptividade, a participação e o sentido de responsabilidade que obtiveram dos alunos nas classes em que realizaram suas experiências também deve ter contribuído para favorecer as mudanças.

Pode-se dizer que, além de um maior domínio do seu próprio comportamento em classe, houve um crescimento individual mais amplo. Esse domínio faz parte de um processo de conscientização construído pelo licenciando a partir da percepção de si mesmo e do seu desempenho em sala de aula.

Houve ainda compreensão de que o conhecimento e a prática do ensino constitui para o professor um processo de construção análogo ao processo de construção que os alunos empreendem para conhecer os fenômenos físicos. Nessa perspectiva teórica, professores e alunos nas salas de aula do secundário, assim como os participantes (professor e licenciandos) na classe da Faculdade estão engajados em processos investigativos análogos aos do cientista e pesquisador. Nesse sentido, pode-se dizer que as práticas docentes não são estranhas às práticas de pesquisa.

Quão estáveis foram as mudanças observadas nesses licenciandos? E até que ponto essas mudanças propiciaram aprendizagem mais eficiente por parte dos alunos? Essas questões não foram objeto deste trabalho. Estudos mais prolongados e acompanhamento do trabalho desses professores precisam ser empreendidos para podermos ter elementos sobre os efeitos mais duradouros de experiências como a que ora relatamos.

Referências Bibliográficas

- Anderson, C.W. & Belt, B.L. 1987 - A social constructivist analysis on classroom science teaching. In: Novak, J.D. *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Volume II, Cornell University, Ithaca, New York, 11-24.
- Baird, J.R., Fensham, P.J., Gunstone, R.F. & White, R.T. 1991 - The importance of reflection in improving science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (2): 163-182.
- Brickhouse, N.W. 1989 - The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: case study of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, 11 (4): 437-449.
- Butt, R., Townsend, D. e Raymond, D. 1990 - Bringing reform to life: teachers' stories and professional development. *Cambridge Journal of Education*, 20(3): 255-268.
- Calderhead, J. 1989 - Reflective teaching and teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 5(1): 43-51
- Carvalho, A.M.P. de 1989 - Formação de professores: o discurso crítico liberal em oposição ao agir dogmático repressivo. *Ciência e Cultura*, 41(5): 432-434.
- Carvalho, A.M.P. de e Gil-Pérez, D. 1993, *Formação de Professores de Ciências*. S. Paulo, Cortez Editora.

- Constable, H e Long, A. 1991 - Changing science teaching: lessons from a long-term evaluation of a short in-service course. *International Journal of Science Education*, 13(4): 405-419
- Dreyfus, A; Jungwirth, E. & Eliovitch, R. 1990 - Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change - some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74(5): 555-569.
- Feiman-Nemser, S. e Buchmann, M. 1985 - The first year of teacher preparation transition to pedagogical think. East Lansing, M.I.: Institute for Research on Teaching. (Research Series n° 156).
- Apud, Zeichner, K.M. 1993 - *A formação reflexiva de professores: idéias e práticas*. Lisboa, Educa.
- Garrido, E. e Carvalho, A.M.P. de 1993 - Analysing verbal interaction between teacher and pupils on tenth grade physics classroom. Artigo apresentado no Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University, Ithaca, N. York.
- Gil-Pérez, D. 1990 - Por una formación permanente efectiva. In: Gil-Pérez, D. (org.).- *La formación de formadores en didáctica de las ciencias*. Valência, Nau Llibres.
- Glasson, G.E. & Lalik, R.V. 1993 - Reinterpreting the learning cycle from a social constructivist perspective: a qualitative study of teachers' beliefs and practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2): 187-207.
- Hewson, P.W. & Hewson, M. G. A.B.S. 1988 - An appropriate conception of teaching science: a view from studies of science learning. *Science Education*, 72(5), 597-614.
- Hewson, P.W. & Thorley, N.R. 1989 - The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11, special issue: 541-553.
- Kemmis, S. 1993 - La formación del profesor y la creación y la extensión de comunidades críticas de profesores. Investigación en la Escuela. 19: 32-48.
- Nóvoa, A. 1992 - *Os professores e sua formação*. Lisboa, D. Quixote.
- Porlán, R. 1987 - El maestro como investigador en el aula. Investigar para conocer, conocer para enseñar. 1: 63-70.
- Santos, M. da S. 1993 - A metodologia de resolução de problemas como atividade de investigação: um instrumento de mudança didática. Tese de Doutoramento. Faculdade de Educação da Universidade de S. Paulo
- Schön, D.A. 1983 - *The reflective practitioner*. San Francisco, Basic Books.
- Schön, D.A. 1987 - *Educating the reflective practitioner*. San Francisco, Jossey-Bass Inc. Publishers.

- Trivelato, S.L.F. 1993 - Ciência, Tecnologia e Sociedade - mudanças curriculares e formação de professores. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da Universidade de S. Paulo.
- Trumbull, D. J. e Slack, M.J. 1991 - Learning to ask, listen, and analyse: using structured interviewing assignments to develop reflection in preservice science teachers. *International Journal of Science Education*, 13(2): 129-142.
- Young, R.E. 1981 - The epistemic discourse of teachers: an ethnographic study. *Anthropology & Education Quarterly*, 12(2): 122-143.
- Zeichner, K.M. 1993 - *A formação reflexiva dos professores: idéias e práticas*. Lisboa, Educa.

PARA LIDAR COM O MUNDO REAL, A FÍSICA ESCOLAR TAMBÉM PRECISA SER QUÂNTICA

Luis Carlos de Menezes (*menezes@if.usp.br*)

Yassuko Hosoume (*yhosoume@if.usp.br*)

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

O aprendizado da física quântica está se revelando necessário em diversos pontos de um programa de ensino médio, que desenvolve a física também como instrumento para os estudantes compreenderem os fatos de seu cotidiano, sejam fenômenos naturais ou processos tecnológicos. Nesta introdução da física quântica, diferente da forma acadêmica, ela vem responder a uma clara demanda de conhecimento e não surge como mero "complemento teórico" da física clássica.

O Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), um projeto com base no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, há mais de dez anos desenvolve um aprendizado de física para o ensino médio, que trata desde cedo de temas da vida diária, como equipamentos, sistemas e situações reais. Neste sentido, a Mecânica lida com ferramentas e veículos, a Termodinâmica com máquinas, motores e ciclos atmosféricos, Óptica com fotografias e videogravadoras, Eletromagnetismo com geradores e Telecomunicação. A elaboração teórica é um dos objetivos do aprendizado, mas não seu ponto de partida. No âmbito deste projeto e para dar cumprimento ao seu programa, mostra-se cada vez mais indispensável desenvolver elementos da física quântica, para tratar de aspectos essenciais da compreensão da natureza e das técnicas.

Uma Visão Renovada da Física na Escola Média

Seria relativamente artificial apresentar uma alternativa de introdução da física quântica no currículo escolar, sem se explicitar em que contexto e circunstância isto se dá, em que sequência de conteúdos e a partir de que contingências e motivações.

Relativamente à sequência, não existe uma ordem universalmente estabelecida para os conteúdos instrucionais de física, na escola média, mas é conveniente adotar uma sequência dada de disciplinas ou conteúdos para apresentar, como parte dela, os tópicos em que a física quântica deve aparecer e se desenvolver. Com este objetivo, toma-se a sequência tradicionalmente adotada no Brasil, ou seja, Mecânica cobrindo todo o primeiro ano do ensino médio, Termodinâmica no primeiro semestre do segundo ano, Óptica no segundo semestre do segundo ano e Eletromagnetismo cobrindo todo o terceiro ano. O GREF adotou esta mesma sequência como uma medida de interesse tático pois, caso contrário, dificultaria sua adoção por professores habituados à sequência descrita. Praticamente, só foi mantida a sequência, pois foram

introduzidas pelo projeto inúmeras modificações e inovações metodológicas e de conteúdo.

As motivações que deram origem ao projeto são a busca de uma reimpregnação de realidade e de sentido no aprendizado escolar de física, que padecia e ainda padece de um esvaziamento promovido, entre outros fatores, por uma formalização precoce e excessiva, que leva a uma perda de objetivo prático e a um empobrecimento da visão-de-mundo que transmite. Sobre os pressupostos educacionais do projeto GREF, vale explicitar uma convicção na essencialidade do diálogo, na idéia de uma educação para a cidadania e de uma visão humanista do papel do professor e de sua relação com os alunos.

A Mecânica começa pela dinâmica, especialmente das leis de conservação das quantidades de movimento e da energia, lida sobretudo com elementos de vivência diária, tais como veículos, máquinas e outros equipamentos, sua propulsão e seu freamento. Evita-se assim o longo intróito de cinemática, tão comum em nossas escolas, juntamente com a abstração e matematização precoces. O desenvolvimento de uma percepção da idéia de conservação das quantidades de movimento, precedem uma formulação explícita das leis de Newton. Este enfoque privilegia o aprendizado de princípios gerais que se mantém válidos fora do domínio clássico.

A Termodinâmica estuda processos térmicos da natureza e das técnicas, como ciclos naturais, conforto ambiental ou motores a explosão; situações práticas que abrem e orientam o aprendizado e não são meras "aplicações" da teoria. Há também um sentido muito mais claro na primeira e para na segunda leis da termodinâmica, para um aluno, que compreende o modo de operação de várias máquinas térmicas, bem antes de ser apresentado a ciclos idealizados e seus limites de rendimento.

A Óptica privilegia desde o início a chamada óptica física, lidando com processos de interação luz-matéria, no registro de imagens dos processos fotográficos, magnéticos ou eletrostáticos. Mais uma vez, o curso desenvolvido pelo GREF se distingue dos usualmente praticados, particularmente no Brasil que, talvez para evitar aspectos eletromagnéticos e quânticos, se concentram na chamada óptica geométrica. A natureza quântica da luz e das cores deve surgir não só em decorrência da necessidade de compreender a operação de equipamentos, mas também da busca de efetivo entendimento de processos ópticos naturais, como na própria visão.

O Eletromagnetismo tem conteúdos também organizados de acordo com categorias de fenômenos e processos, em complexidade crescente. Se inicia com o estudo de correntes e aparelhos resistivos, prossegue com sistemas motores e segue com comunicadores e processadores de informação. Se salta a clássica entrada pela eletrostática, que só é tratada mais tarde, no estudo dos capacitores. Parte-se de correntes e resistores, por serem fenômenos familiares, relevantes e simples em sua fenomenologia. Os sistemas motores e os de telecomunicação abrem, por

assim dizer, todo o leque das equações de Maxwell, como ilustrações prévias e motivadoras de sua formulação.

A Presença da Mecânica Quântica na Física Escolar

Como vimos, a Mecânica desse primeiro ano se constrói a partir de um sentido prático e vivencial macroscópico, que não dá margem à introdução de evidências da natureza quântica, própria do mundo submicroscópico, ou de teorias não clássicas a qualquer pretexto. O enfoque adotado do ensino de mecânica, privilegia o aprendizado de princípios gerais, como os de conservação das quantidades de movimento, que se mantêm válidos fora do domínio clássico, ou seja, que não precisam ser essencialmente reformuladas quando da introdução de elementos quânticos. Desta forma, ainda que a física quântica não seja tratada neste primeiro ano, a abordagem adotada é compatível com a sua introdução, mais tarde.

É só no segundo ano, já no início do primeiro semestre, dedicado à Termodinâmica, que surge a primeira oportunidade de se tratar de elemento essencialmente quântico. Ao se introduzirem os termômetros, evita-se restringir seu estudo aos termômetros clínicos de dilatação. Pelo contrário, procura-se mostrar que diferentes faixas de temperatura exigem termômetros de diferentes naturezas, usando diferentes propriedades termométricas. É a necessidade de se estabelecer um termômetro óptico, ou seja de se definir a relação entre espectro de radiação e temperatura, que nos remete à distribuição de Planck e a uma primeira exposição dos alunos às idéias da teoria quântica.

O semestre seguinte, na Óptica, o estudo de fontes de luz abre a série de questões sobre a natureza quântica, que prossegue na investigação dos registros de imagens, seja a tradicional fotografia, as fotocopiadoras e as filmadoras de vídeo, etc., que, pela fotoquímica e particularmente pela operação dos semicondutores só podem ser efetivamente compreendidas de posse de um modelagem quântica mínima. Diga-se de passagem, vemos também como essencial a explicitação da natureza quântica da luz, pois é inaceitável tratá-la como onda clássica, como às vezes se faz. De resto, as cores dos objetos e dos filtros de luz, assim como a forma como são percebidas, são coisas quânticas, não compreensíveis de outra forma, para não falar do *laser* e outros processos mais especializados.

O terceiro ano será todo dedicado ao Eletromagnetismo, mas sobretudo ao eletromagnetismo estritamente clássico, já que não é sequer necessário introduzir elementos quânticos, no tratamento de sistemas resistivos e de sistemas motores, que são os dois grandes conjuntos de fenômenos com que se inicia o aprendizado desta disciplina. É somente nos dois últimos conjuntos de aplicações, que tratam dos comunicadores e dos processadores de informação, onde a presença dos semicondutores na eletrônica da telecomunicação e da informação, ao lado de outras

propriedades quânticas, passam a exigir uma retomada da modelagem quântica já desenvolvida anteriormente, no aprendizado da óptica física. São quânticas as reais explicações das propriedades elétricas, reportáveis à constituição atômica e cristalina dos materiais; no entanto, a entrada dos elementos quânticos se dá, no aprendizado do eletromagnetismo, mais facilmente ao se detalhar propriedades óptico-elétricas, geralmente a partir da explicação da operação de dispositivos semicondutores.

Considerações Finais

Alguns dos desenvolvimentos aqui propostos, a exemplo destes últimos dos componentes microeletrônicos, ainda estão em elaboração, e não foram testados em condições de aula. Pode haver mesmo quem duvide da possibilidade de se fazer "caber tanta coisa" no currículo de física da escola média. Por outro lado, há quem perceba que faltam ainda outros elementos de uma visão de mundo física, em se considerando que esta escola é o nível final de instrução de parcela dos alunos. Por exemplo, ao se estudar a carga eletrônica e a constituição atômica, é imperioso discutir a força responsável pela agragação nuclear, capaz de resistir à poderosa repulsão coulombiana entre os prótons.

É claro que, mesmo para poder incluir tudo o que foi proposto acima, não só a discussão das forças nucleares e, talvez também, dos constituintes fundamentais da matéria, é preciso abrir mão da velha intenção dedutivista. É preciso ver a física escolar também, e talvez especialmente, como parte de uma cultura da cidadania, a ser apreendida em uma dinâmica nova, dialógica, especulativa, carregada de um novo imaginário e indutora de processos de pensamento, em lugar da envelhecida propedêutica, do pseudo-treinamento técnico-científico, duradouramente repetido e invariavelmente frustrado.

A escolha por esta nova visão do aprendizado escolar da física não é uma opção pela superficialidade, pela "cultura de almanaque". Pelo contrário, é uma tentativa de dar aos estudantes uma idéia da ciência e da tecnologia, como parte da cultura, como visão de mundo, e também da cultura da produção e dos serviços da atualidade. Não se trata só de ancorar o desenvolvimento abstrato em exemplos concretos, vividos, do cotidiano do aluno. Trata-se de desenvolver uma sistemática de reflexão e aprendizado, que transcenda as paredes da escola, que instrua o olhar e o pensar na rua, em casa e no trabalho.

ANÁLISE PRELIMINAR DOS PAPÉIS DA PROVA NUM CURSO BÁSICO DE FÍSICA NA VISÃO DE UM PROFESSOR

Cezar Cavanha Babichak (*babichak@if.usp.br*)
Maria José P. M. de Almeida (*mjpm@turing.unicamp.br*)
1- IFUSP - CNPq
2- UNICAMP - CNPq

Introdução

As pesquisas em ensino têm dado cada vez maior atenção à avaliação como fator interveniente nas práticas pedagógicas. Segundo Freitas (1991), “o estudo desta categoria tem se mostrado fundamental, já que inúmeras pesquisas indicam a possibilidade de que outras categorias da teoria pedagógica estejam moduladas pela avaliação” (p. 266).

Dentro desta temática, temos nos ocupado em entender a relação avaliação-evasão no curso de Física da UNICAMP, já que esta última tem atingido índices alarmantes. Para tal entendimento devemos levar em consideração que tais práticas estão inseridas num contexto social amplo, cujas interações se dão das mais diversas formas e vias, determinando-se mutuamente.

Nosso estudo tem procurado até o momento levantar, através de questionários e entrevistas, concepções e representações de professores e alunos do 1º ano do curso de Física. Temos abordado assuntos relacionados à problemática em questão (modo de ver a Ciência, o ensino, os papéis representados pelo professor e pelo aluno, entre outros). A análise de tais concepções pode levar a um melhor esclarecimento de práticas presentes no cotidiano universitário; práticas que se relacionam não somente com o currículo aberto, mas também com o currículo oculto.

Nesta apresentação destacamos algumas contradições que pudemos detectar entrevistando um professor do curso básico de Física. A importância de detectarmos contradições no pensamento verbalizado pelo professor tem suporte na fala de Freitas (1991), quando afirma que “o estudo da prática pedagógica atual da escola capitalista levar-nos-á a encontrar categorias que, por serem contraditórias, permitirão evidenciar (ou deduzir) formas concretas de luta colocadas em ação por professores, alunos e demais forças participantes do cotidiano escolar” (p. 266).

A Organização Atual dos Cursos de Física Básica na UNICAMP

O curso diurno de bacharelado em Física da UNICAMP tem sofrido algumas modificações, de naturezas distintas, ao longo dos últimos anos. Uma delas, estrutural, diz respeito à unificação dos vestibulares para os cursos de bacharéis em Física e Matemática, fazendo com que os alunos tenham a opção de escolher a carreira que cursarão até um ano e meio

depois de terem ingressado na universidade. Outras alterações relacionam-se mais aos cursos de Física básica (Físicas I, II, III e IV): a média final das notas para os alunos passarem nestas disciplinas, sem a necessidade de fazerem os exames “de recuperação”, passou de cinco para sete; outra mudança é que estes cursos possuem agora uma coordenação central a que os professores devem se submeter na administração das aulas. Este curso coordenado impõe uma prova comum, organizada pelos professores que estão ministrando uma mesma disciplina, para todas as turmas que a estão cursando, de tal forma que a matéria dada num dado período seja a mesma para todos os alunos.

Constatamos também que a nota final de cada aluno é baseada na sua habilidade em resolver exercícios do tipo proposto nos diversos livros didáticos existentes para cursos básicos de Física no ensino superior. A composição da nota varia de professor para professor, mas basicamente é constituída pela avaliação das provas propriamente ditas e pela notas das listas de exercícios, resolvidas periodicamente pelos alunos.

A Visão de um Professor de 3º Grau sobre o Valor da Prova no Curso de Física

Parte da pesquisa que estamos desenvolvendo se baseia em entrevistas feitas com professores que lecionam Física básica para alunos do 1º ano do curso. Selecionamos uma das entrevistas para mostrarmos concepções importantes existentes na visão do professor. Algumas idéias de “senso comum” permeiam a comunidade universitária e parecem influenciar práticas presentes no dia a dia.

Podemos encontrar na visão do professor várias funções para a prova, citadas ao longo da entrevista. Em uma fala, o professor afirma:

“...A gente tem que fazer uma prova que pegue da média para cima. [...] Que separe realmente o pessoal que não tem base. Não adianta querer fazer uma prova lá em cima que aí complica. Você só pega um ponto e o cara mediano que ainda tem chance de progredir no curso poderia ficar cortado...”

Neste trecho vemos claramente que o objetivo da avaliação é o de ser instrumento capaz de cortar (excluir) os “incapazes” de progredirem no curso. Questões podem ser levantadas sobre essa fala: o que é a *média* citada acima? De onde vem a incapacidade de alguns alunos em progredirem no curso? Seria algo relacionado ao próprio curso ou algo externo a ele?

Num outro trecho da entrevista, quando fizemos a pergunta: “Quer dizer, a prova é mais para cortar mesmo quem não está no nível?”, o professor respondeu, dando uma outra função para a prova:

“A prova, antes de mais nada, é para julgar crescimento pessoal...”

Vemos que o professor apresentou outra opinião com relação à utilidade da prova. Nesta fala notamos que ela serviria para analisarmos um processo (o de crescimento pessoal). Independentemente de qual das duas representações mais se relaciona às práticas efetivas do professor, é

interessante notarmos que as duas representações coexistem no seu imaginário, manifestando-se conforme a “requisição” externa. A opção por uma ou por outra maneira de ver a avaliação está, provavelmente, também relacionada às condições coletivas pensadas na organização do curso.

Um outro fator ressaltado pelo professor, ao se referir à prova, foi o “interesse” do aluno:

“Mas [quando] a gente elabora a prova, a gente fala: - ‘Olha, os conceitos importantes são esses... A gente tem que dar na prova uma questão disso, disso e disso...’ Então, aí dentro dessa idéia, a gente vê um nível agora de problemas - um nível alto, um nível baixo - e tenta colocar um negócio que seja assim: ‘Olha, os alunos que estão interessados para cima, eles vão conseguir fazer esse negócio.’”

Nessa fala notamos também que o fazer ou não fazer a prova, entendido como resolver corretamente as questões que ela contém, estaria dependendo apenas dos alunos, no caso, de seu interesse. Nessa visão, os que estão interessados passariam no curso. Além disso, vemos que a exclusão de uma certa porcentagem de alunos (os “desinteressados”) já é considerada na elaboração da prova. A prova seria, então, um instrumento que mediria os que ficam e os que são excluídos. Dessa forma fica explícito que sempre haverá os alunos “desinteressados” pela disciplina, que não receberão aprovação.

Em um outro momento da entrevista, quando foi pedido ao professor para que opinasse sobre o sistema unificado de prova para todas as turmas de uma mesma disciplina, ele afirmou:

“Eu acho bom. Eu acho que é uma maneira de tentar pelo menos na prova homogeneizar. Porque é uma negociação quando você faz a prova. O pessoal [os professores] têm sugestões, na hora de discutir a prova a gente vê se a sugestão é viável ou não. Então se um professor tenta colocar uma prova mais difícil, você tem um meio de controle disso...”

Fica ressaltada a importância da prova no trabalho coletivo dos professores. A homogeneização é vista, provavelmente, como o fator que estaria tornando o papel seletivo, que a prova tem nessas circunstâncias, em algo “justo”.

Vemos, portanto, explicitadas numa única entrevista, três funções diferentes para a prova, associadas à noção de justiça nas decisões tomadas: a de servir de instrumento capaz de excluir os alunos incapazes de progredirem no curso, a de capacitar a análise do processo de aprendizagem dos alunos e a de verificar quais alunos estão interessados no curso. Um maior aprofundamento na análise de representações de professores do curso de Física e a análise de representações nos alunos poderão contribuir para esclarecer fatores que interferem nos cursos de Física. Nossa finalidade é obtermos elementos para entendermos o que leva alguns dos alunos a se auto excluírem dos cursos que um dia optaram seguir como profissão.

Bibliografia

- BLOOM, B. S., HASTINGS, J. T., MEDAUS, G. F. **Manual de Avaliação Formativa e Somativa do Aprendizado Escolar** São Paulo: Editora Biblioteca Pioneira de Ciências Sociais, 1983.
- FREITAS, L. C. A dialética da eliminação no processo seletivo. **Educação e Sociedade**, nº 39, agosto/1991.
- KUHN, T. S. **A estrutura das Revoluções Científicas** São Paulo: Perspectiva, 1978.
- Lunt, I. A Prática da Avaliação. In Daniels, Harry (org.), Vygotsky em Foco - Pressupostos e desdobramentos, Campinas, SP: Papyrus, pp. 219-252, 1994.
- MERCURI, E. Condições para o Estudo, segundo Depoimentos de Alunos e Professores de Cursos de Graduação **Pro-posições**, pág. 61 a 71, vol: 5, Nº 1, 1994.
- SANCHES, M. A., PEREZ, D. G., TORREGROSA, J. M. Concepciones Espontaneas de los Profesores de Ciencias sobre la Evaluacion: Obtaculos a Superar y Propuestas de Replanteamiento **Revista de Ensenanza de Fisica**, vol. 5, nº 2, 1992.

PRODUÇÃO DE UM PLANEJAMENTO PARA ENSINAR MECÂNICA NO MAGISTÉRIO

Fátima Cruz Sampaio¹ (*fatimacs@usp.br*)
Jesuína Lopes de Almeida Pacca² (*jesuina@if.usp.br*)
1- Faculdade de Educação/USP
2- Instituto de Física/USP

Introdução

Embora o domínio do conteúdo seja importante para ensinar, vemos que hoje em dia mais do que nunca para ensinar Física não basta ter o conhecimento substantivo e epistemológico da disciplina que ensinamos (1), pois a formação de uma postura frente ao conhecimento está estreitamente vinculada à forma como este conhecimento é construído que por sua vez é gerado na interação com um particular objeto de conhecimento (2).

É uma hipótese deste trabalho que, para transformar a situação em que se encontra o ensino, em especial o de Física, é necessário que os alunos, em particular os de Magistério, que serão futuros professores, passem por um ensino cuja metodologia seja da forma como se quer que mais tarde usem quando professores. A metodologia empregada deve ser aquela que favoreça a formação de uma postura aberta, crítica, e engajada do futuro professor frente à aquisição do conhecimento, que tomada globalmente, se dá pela forma como este conhecimento é construído, a partir da interação com os vários objetos de um particular conhecimento. Para a formação de tal postura acreditamos que a Física pode contribuir de forma importante, ao capacitar o estudante a encontrar explicações significativas e coerentes para os fenômenos e as ocorrências, também do seu cotidiano. Em relação a metodologia usada deve ser aquela que parta da reflexão sobre a nossa prática de sala de aulas, enquanto professores, no sentido de nos permitir elaborar as atividades como perguntas coletivas. Para conseguirmos tal intento, acreditamos que o conhecimento das idéias prévias dos estudantes é uma ferramenta útil no sentido que Vygotsky e Luria usam (3), isto é: para o desenvolvimento cultural de funções especiais no homem: memória; atenção (observação); a abstração; a fala e o pensamento, para propormos problemas que os alunos encarem como desafios, no sentido deles estudantes se apropriarem das questões, para irem atrás de informações.

Considerando que planejar significa definir claramente os conteúdos, estabelecer os enfoques, e programar atividades adequadas, salientando situações de interações de aprendizagem, que sejam coerentes com concepções claras e conscientes sobre o processo ensino/aprendizagem, trata-se, de fato, de estabelecer uma "ponte" entre o conhecimento prévio dos estudantes e o conhecimento científico, num

processo de reelaboração constante do planejamento no que se refere as ações locais e cotidianas do professor.

A Pesquisa

A população alvo são os 129 alunos de três classes que freqüentam em 1996 a 1ª série do 2º grau profissionalizante de Magistério, que recebem uma bolsa de 1 salário mínimo para estudar em período integral na escola. Há quatro aulas semanais de Física, distribuídas em dois dias da semana, sendo duas aulas seguidas por dia. Na sua maioria os alunos são do sexo feminino (96%), ao iniciar o ano letivo havia 5 meninos.

Os dados para refazer o planejamento inicial são obtidos através: da leitura atenciosa das pastas dos estudantes, construídas por eles, ao longo do curso, contendo os registros que os alunos fazem das atividades que realizam; do diálogo que mantemos com os alunos através de respostas às questões, que fazemos ao lermos suas pastas; das discussões feitas com os alunos; e da reflexão que fazemos sobre todo o processo ensino/aprendizagem.

Estamos sempre num dilema, enquanto professora participante da pesquisa que planeja as aulas e efetivamente as dá, e enquanto pesquisadora que observa e reflete sobre o próprio trabalho, no sentido de deliberar e agir dentro do cenário da ação, para garantir a aprendizagem dos alunos, mudando o planejamento. Neste sentido, precisamos estar deliberando e sistematizando a nossa observação e reflexão acerca de nós mesmos, para formar a pesquisadora/professora. Acreditamos que devemos empregar uma investigação interpretativa, da forma como a proposta por Wittrock (4), para levar em conta os aspectos específicos e as ações locais (matéria vital da nossa prática cotidiana na aula), os quais evidenciam a importância do contexto no ensino, que para nós é uma realidade muito estimulante.

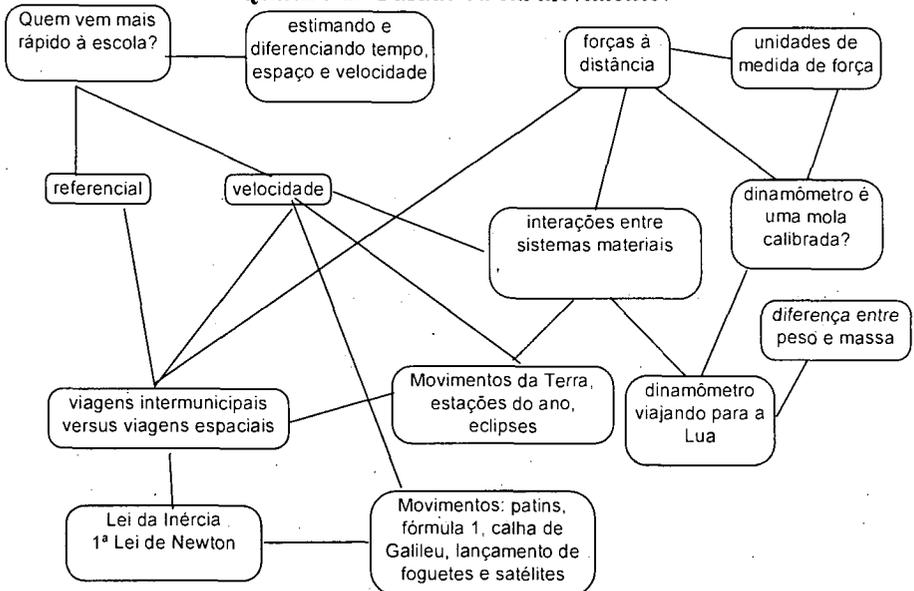
Ao refletirmos sobre as atividades realizadas em classe, procuramos estar atentas para as contingências imprevistas, pois acreditamos como Wittrock (4), que a reação ante o inesperado, muitas vezes, põe em relevo os principais significados atribuídos ao que é normal. Buscamos, também, através de um processo continuado encontrar categorias relevantes para a análise dos dados, no sentido de desvendar-lhes os significados nas três principais dimensões: conteúdos conceituais; conteúdos de postura; e conteúdos metodológicos. Por exemplo, encontramos em relação ao significado que os alunos atribuíram à velocidade, ao iniciar o ano letivo, as seguintes categorias: analogia - velocidade com distância, velocidade com movimento e ação, velocidade com rapidez, velocidade com tempo, velocidade com deslocamento de massa, velocidade com quilometragem; estruturação - vínculo distância e tempo, vínculo velocidade e caminho, vínculo velocidade e trânsito, vínculo velocidade com variação; classificação - velocidade com veículo.

Em relação aos conteúdos de postura observamos as categorias: organização; atenção; revisão de escrita; coerência; objetividade.

Pensamos que aprender um conceito é estabelecer relações, e que para aprender é necessário muitas vezes mudar a estrutura que se tem; optamos pois, em especial para o curso de Magistério, por fazer um planejamento em rede (quadro 1, mostra uma parte da rede para o 1º ano), pois torna-se mais fácil a visualização dos **temas e/ou conceitos** que serão abordados e suas possíveis ligações. Reforçando a hipótese de que aprender é aprender o significado, significado este que se constrói a partir de um feixe de relações que se articulam em teias (redes) construídas socialmente e individualmente e em permanente estado de atualização (5). Na rede que construímos os conteúdos físicos e/ou fenômenos aparecem como nós. Estabelecemos a priori ligações entre os nós, as quais pretendemos que os estudantes estabeleçam, também, com o caminhar do curso. A partir de um processo de reflexão constante, em cima do processo ensino/aprendizagem, elaboramos atividades como perguntas coletivas, no sentido de promover o percurso ao longo da rede, pelos alunos.

No decorrer do processo ensino/aprendizagem, vimos que as conexões que fizemos na rede para a dimensão conceitual, não são óbvias para os alunos, sendo necessária, para promovermos até mesmo a aprendizagem dos conceitos físicos por parte dos alunos, a construção de duas outras redes, para as dimensões de conteúdos de postura e conteúdos metodológicos.

Quadro 1: "Parado ou em movimento?"



Resultados Parciais

Ao refletirmos sobre nossa prática, percebemos ainda que ao fazer um planejamento é necessário focar alguns problemas sérios encontrados por quem trabalha numa linha construtivista que são: o aluno considerar que o professor nunca responde à sua pergunta, pois a cada pergunta que faz, o professor responde com outra pergunta; as atividades parecerem que não ter um fio condutor, para o estudante; alcançar conteúdos formais ou trabalhar com o contexto social parece ser de difícil ação para o professor.

Referências Bibliográficas

- 1 - Villani, Alberto & Pacca, Jesuína Lopes de Almeida. Construtivismo, Conhecimento Científico e Habilidade Didática no Ensino de Ciências. Re-elaboração de um trabalho apresentado no Congresso Internacional: "Thinking Science for Teaching The Case of Physics", Roma, Setembro, 1994.
- 2 - Fumagalli, Laura. El desafío de enseñar Ciencias Naturales, Buenos Aires, Troquel, 1993
- 3 - Vygotsky, L. S. e Luria, A. R.. Estudios sobre a história do comportamento — símios, homem primitivo e criança, Porto Alegre, Artes Médicas, 1996.
- 4 - Wittrock, Merlin C.. La investigación de la enseñanza, II - Métodos cualitativos y de observación, Barcelona-Buenos Aires-México, ediciones PAIDOS.
- 5 - Machado, Nilson José. Epistemologia e Didática: as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente, São Paulo, Cortez, 1995.

CAUSALIDADE E LEIS DA FÍSICA

José Lourenço Cindra
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Campus de Guaratinguetá
Departamento de Física e Química

1. Introdução

Sem ter a pretensão de fazer uma análise exaustiva da questão de causalidade, podemos, em linhas gerais, remontar a origem deste conceito à época de Aristóteles. Segundo o Estagirita, para tudo existia uma causa: *causa formal*, *causa material*, *causa eficiente* e *causa final*. Para determinados fins estas quatro causas podiam ser reduzidas a duas: *a causa formal* e *a causa final*.

A causa formal estava relacionada com a “natureza do objeto” e é até certo ponto uma forma de explicação mais ou menos satisfatória. Halbwachs comenta que se tratava de uma espécie de explicação homogênea, em que não havia distinção nítida entre causa e efeito, agente e paciente não estão separados. É que esta explicação ou causalidade homogênea, ainda que com certas modificações, permaneceu basicamente válida até a época de Galileu. Mas, logo em seguida haveria de ter início um período de explicações heterogêneas, em que a idéia de causa e efeito adquire sua expressão mais nítida com a física newtoniana, concebendo-se as ações e interações dos corpos à distância. Se bem que no início, naquele interlúdio de predominância da física cartesiana o que se nota é uma espécie de causalidade contígua, onde as interações se dão por meio do contato direto dos corpos.

Este período de explicações heterogêneas, que grosso modo durou até 1830, é seguido por uma nova etapa de desenvolvimento da Física, o aparecimento da teoria de campos, que parece representar o renascimento de uma espécie de causalidade homogênea, onde as explicações se dão através das equações diferenciais em derivadas parciais. Ao mesmo tempo que se alargava o poder explicativo baseado na teoria de campo, uma nova abordagem da natureza entrava em cena. Trata-se da teoria atômica, caracterizada por um tipo de explicações, que Halbwachs (1974) chama de *explicações batígenas* (do grego *bathus*, profundo), onde as explicações para os fenômenos da escala microscópica se dão por intermédio da procura de causas na escala microscópica subjacente: os átomos e seus constituintes. Enfoque semelhante já havia sido adotado, ainda que de modo bastante vago e impreciso, na Grécia pré-socrática (Anaxágoras, Demócrito, etc). Não se trata de uma explicação exaustiva. É uma forma de explicação, que parece nunca ser completa, sempre deixando algo a desejar. Sempre haverá necessidade de explicar estes constituintes subatômicos em termos de partículas ainda

menores. Tanto é assim, que este processo continua até nossos dias, apesar da física de partículas ter feito enormes progressos. Outra característica da física contemporânea é o emprego sistemático do conceito de simetrias e de invariantes, o que também lembra bastante as explicações homogêneas, do tipo "natureza do corpo".

Muda-se o enfoque da questão da causalidade, mas não se pode eliminar o conceito de causalidade. Apesar disso, algumas das figuras mais expressivas da física quântica tentaram negar a validade do conceito de causalidade, para a física contemporânea. Três conceitos mais ou menos relacionados são: causalidade, determinismo e leis da natureza. Para alguns autores, principalmente para os mais influenciados pelo positivismo, o conceito de causalidade e conseqüentemente as explicações (explicações no sentido ontológico) já não fazem sentido na ciência, e na Física em particular. Considera-se que a ciência deve se limitar a uma descrição mais ou menos racional dos fatos. Entre os adéptos desta corrente filosófica podemos citar Helmholtz, Hertz, Kirchhoff, Poincaré e Duhem, sem citar os físicos da escola de Copenhagen, que foram ainda mais incisivos no combate ao conceito de causalidade. Outros, pelo contrário, como Emile Meyerson e Eftichos Bitsakis, podem ser chamados de realistas; eles acentuam o caráter objetivo das leis físicas e a importância da categoria filosófica chamada causalidade. Consideram que as leis físicas, além de seu aspecto gnoseológico, têm também uma componente ontológica. Elas expressam algo mais que relações entre os fenômenos. Elas têm um poder explicativo. O processo pelo qual, através do pensamento abstrato, partindo das manifestações fenomenológicas, tentamos penetrar na essência das coisas, pode ser chamado de *explicação*.

2. O que são as Leis da Física?

As leis físicas são apenas artifícios úteis para ordenar os fatos e racionalizar a pesquisa científica ou elas refletem aspectos importantes do mundo real? Sobre esta questão, são possíveis dois enfoques. Os que defendem a primeira abordagem podem ser chamados de positivistas. Pelo contrário, os que aceitam o caráter objetivo das leis físicas, vão desde o realismo filosófico mais ou menos ingênuo até o materialismo dialético. Para os físicos do primeiro grupo,

As leis físicas representam relações formais entre dados sensoriais ou dados provenientes dos aparelhos de medições.

Já os do segundo grupo dirão que,

As leis físicas representam relações objetivas internas e necessárias entre os fenômenos.

Para os positivistas, as leis físicas não deixam de ter um certo valor epistemológico, mas não podem conter nenhum fundamento ontológico. Os físicos realistas e os materialistas dialéticos, pelo contrário, aceitam a tese, segundo a qual, as leis físicas, ao refletirem aspectos importantes do

mundo real, têm uma contrapartida ontológica. As leis físicas têm um duplo aspecto: epistemológico e ontológico. Elas duas funções importantes. Do ponto de vista epistemológico, elas servem para ordenar a pesquisa científica, dar uma certa racionalidade ao mundo dos fenômenos. Quanto ao seu aspecto ontológico, elas refletem algo de invariante e necessário subjacente ao mundo fenomenológico, elas são historicamente condicionadas. Logo, elas são aproximadas, mas, mesmo assim, são capazes de revelar algo da essência das coisas.

O divisor de águas entre estas duas abordagens científicas parece se encontrar na filosofia de Kant. O filósofo de Königsberg, no plano político, elaborou uma filosofia de compromisso favorável à burguesia em ascensão. E como complemento deste compromisso político, na *Crítica da Razão Pura*, ele defendeu um dualismo filosófico, que viria ter profunda repercussão na filosofia e na atividade científica dos anos subsequentes. Este dualismo consiste em que, segundo Kant, podemos conhecer o mundo dos fenômenos, mas nunca a sua essência, a famosa *coisa em si* (*das Ding an sich*). Todo conhecimento é conhecimento apenas dos fenômenos. Por detrás dos fenômenos existe algo inacessível ao conhecimento. A coisa em si kantiana faz com que nunca podemos ter conhecimento da essência das coisas. O conhecimento fenomenológico não nos dá nenhuma garantia de como as coisas são em si mesmas. As leis da natureza representam racionalizações das impressões do sentido e nada mais. A herança filosófica kantiana veio influenciar tanto o positivismo, como toda uma plêiade de cientistas, que embora muitas vezes alheios ao positivismo ortodoxo, viveram num ambiente culturalmente dominado por idéias oriundas das elucubrações de Kant.

Vejamos, por exemplo, o que disse Helmholtz, famoso físico e fisiologista alemão do século XIX:

“Os atos de consciência que ocorrem com o caráter de percepção se dão como se realmente existisse o mundo das coisas materiais, aceito pela hipótese realista. Mas não podemos ir além desse “como se”. Não podemos reconhecer a opinião realista como sendo mais do que uma hipótese notavelmente útil e precisa. Não nos é permitido atribuir-lhe verdade necessária, uma vez que além dela hipóteses idealistas irrefutáveis são também possíveis” (HELMHOLTZ, 1989, p. 263-264).

No tocante às leis da natureza, Helmholtz disse:

“O que permanece igual, independentemente de tudo o mais, em toda alteração de tempo, chamamos de substância. A relação que se mantém igual entre magnitudes que se transformam, chamamos cumprem a lei que as liga. Somente esta lei é o que percebemos diretamente” (p. 265)

“Toda hipótese corretamente formada manifesta, no que concerne o seu sentido fatural, uma lei mais geral dos fenômenos do que até aqui observamos diretamente; é uma tentativa de ascender a uma conformidade a leis [Gesetzlichkeit] cada vez mais geral e abrangente” (p. 268).

Não resta dúvida que Helmholtz parece der expresso algumas idéias interessantes quanto à objetividade das leis físicas. Por outro lado, a sua tentativa de separar o mundo das aparências, o mundo dos fenômenos, do mundo subjacente, a substância imutável, mostra a influência de Kant em seu pensamento. Esta dicotomia está mais ou menos presente nas concepções de Hertz, discípulo de Helmholtz, que em sua obra, a Mecânica, expressou a convicção de que o desenvolvimento da física representa uma sucessão de imagens (Bilder) ou símbolos dos objetos representados. Todos eles, em geral, enfatizaram os aspectos epistemológicos das teorias físicas, sem contudo reconhecer seu fundamento ontológico.

Ao contrário, Eftichios Bitsakis (1979, p. 62) alega que “os conceitos e leis têm uma contrapartida ontológica na realidade. A teoria representa elementos desta realidade. De modo que podem existir elementos da realidade que não estão presentes na teoria. A teoria é então uma espécie de unidade dialética entre o fenômeno e a lei”. A categoria de causalidade, afirma Bitsakis, é uma categoria ontológica, não simplesmente epistemológica, como pensa os empiristas (Hume, Mach, positivismo contemporâneo).

O pensamento positivista insiste sobre o aspecto formal das relações causais: relação matemática ou lógica, sucessão temporal. Perde-se o aspecto interno, dinâmico e qualitativo, restando apenas os aspectos quantitativos. Bitsakis argumenta que este modo de ver as coisas é permanecer na superfície do fenômeno.

Bitsakis concebe a relação causal como produção de um efeito novo. De modo que a regularidade do fenômeno e a invariância da relação temporal não é suficiente para definir uma relação de causa e efeito. Esta relação é genética, portanto, interna e necessária. Causa e efeito se transformam mutuamente. O movimento inclui a negação, o aparecimento e desaparecimento de novas propriedades, como momentos de um processo irreversível, portanto assimétrico. As causas que provocam as mudanças não são externas às coisas: a matéria não é uma substância passiva, ela não recebe o movimento do exterior. O movimento é inerente ao ser.

3. Causalidade e Determinismo

Houve uma grande confiança no determinismo, durante os primeiros séculos de desenvolvimento da física clássica. No plano filosófico propriamente dito, o determinismo parece ter alcançado grande proeminência na filosofia de Spinoza. Mas, como concepção geral da natureza e como ideal das leis físicas, que se desenvolviam na base do esquema newtoniano, o determinismo encontrou seu enunciado mais abrangente com Laplace. No entanto, o desenvolvimento posterior da física veio minar a confiança desmesurada no determinismo.

Bitsakis comenta que vários autores identificam causalidade com determinismo. Ele mostra, no entanto, que este ponto de vista não é totalmente correto. O determinismo significa que o efeito é determinado pela causa, como também a forma desta determinação: determinismo mecanicista, determinismo dinâmico, determinismo estatístico (clássico ou quântico). O determinismo mecanicista ou laplaciano foi típico da física newtoniana. O determinismo dinâmico, onde foi suprimido a determinação instantânea dos eventos, é característico da teoria da relatividade. Há também o determinismo estatístico (clássico ou quântico).

No tocante à mecânica quântica, Bitsakis argumenta que, para muitos autores, as leis probabilísticas típicas dos fenômenos quânticos são uma prova a favor da falácia do determinismo a nível quântico. Outro argumento a favor do indeterminismo, e mesmo do anti-realismo, tem como base as desigualdades de Heisenberg: sobre a impossibilidade de uma medição exata e simultânea de duas variáveis incompatíveis. Segundo a Escola de Copenhagen, em geral, uma grandeza não existe antes de ser medida. É como se a grandeza fosse criada durante o processo de medição. Parece haver criação de grandezas físicas. “*Entretanto, não se trata de uma criação ex nihilo, mas sim de uma transformação de grandezas preexistentes*” (BITSAKIS, 1979, p. 76). Trata-se, na verdade, de um fenômeno não linear. Acontece que, em mecânica quântica, não se pode negligenciar nem as perturbações aleatórias provocadas pelo meio nem as perturbações provocadas pelo aparelho. As perturbações externas determinam, através de suas estruturas internas, a transformação do sistema, desenvolvendo assim suas potencialidades. “*A realização de tal ou qual estado é um processo irreversível, causal e determinado: a realização de uma dada potencialidade sob dadas condições*” (BITSAKIS, 1979, p. 80).

Concluindo, parece podermos concordar com Bitsakis, quando ele diz que o determinismo estatístico e o determinismo estatístico quântico, em particular, são as formas de determinismo mais flexíveis e mais ricas, portanto mais próximas da realidade que o determinismo dinâmico. Quanto ao determinismo laplaciano, ele pressupõe uma abstração dupla: abstrai-se das qualidades do sistema e de suas interações com o meio. Ele é assim uma forma rígida, que não corresponde rigorosamente a nenhum fenômeno real.

Referências

1. BITSAKIS, E. Sur le Statut de Lois Physiques. *La Pensée*, n. 204, p. 61-85, 1979.
2. DUHEM, P., *La Théorie Physique, Son Objet, Sa Structure*, 1904. Ed. aum. e rev., 1914, E. J. Paris: Vrin, 1989.

3. HALBWACHS, F. Sobre los Problemas de la Causalidad Física, in Monod et al., *Epistemologia y Marxismo*, Barcelona: Ed. Martinez Roca, p. 45-71, 1974.
4. HELMHOLTZ, H. Os Fatos na Percepção, *Cad. Hist. Fil. Ci.*, série 2, v. 1, n. 2, UNICAMP, p. 229-274, 1989. Trad. do original “Die Tatsachen in der Wahrnehmung”(1878), feita por José Carlos Pinto de Oliveira e Fernando de Almeida Fleeck. Conferência proferida durante as comemorações de aniversário da Universidade Friedrich Wilhelm, em Berlim, 1878.
5. MEYERSON, E. *De l'Explication dans les Sciences*, Paris: Ed. Payot, 1927.

OS DEDÕES DE GALILEU

Walter Duarte de Araújo Filho
Norberto Cardoso Ferreira
Universidade de São Paulo - IFUSP

A queda dos corpos sempre foi um dos problemas mais discutidos pelo homem através dos tempos. Segundo alguns historiadores da ciência Aristóteles foi um dos primeiros a tratar do assunto de um modo mais sistemático. Segundo ele corpos de pesos diferentes que se movem em um mesmo meio, possuem velocidades desiguais, as quais mantêm entre si a mesma proporção que os pesos, de modo que um móvel dez vezes mais pesado que outro, move-se com uma velocidade dez vezes maior.

No século VI João Philoponus¹⁵, faz uma crítica às idéias Aristotélicas. Segundo ele:

“ Se você deixar cair da mesma altura dois corpos, um dos quais é muitas vezes mais pesado que o outro, verá que a razão dos tempos gastos no movimento não depende da razão dos pesos, mas que a diferença dos tempos é muito pequena ”

É importante verificar a preocupação já existente desde aquela época de se tentar explicar os fenômenos naturais tomando outras teorias que não fossem as de Aristóteles.

Dez séculos depois Simon Stevin¹⁶ (sec XVI) propõe um experimento tentando contrariar a teoria de Aristóteles sobre este problema. E descreve:

“ Tomemos duas esferas de chumbo, uma dez vezes maior e mais pesada que a outra e deixemo-las cair juntas de uma altura de dez metros numa tábua ou em alguma coisa que produza um som perceptível. Verificar-se-á então, que a mais leve não levará dez vezes mais tempo no seu caminho do que a mais pesada, mas que elas cairão praticamente juntas sobre a tábua, a ponto de seus dois sons parecerem uma única pancada seca. ”

Quase um século depois, nos idos do século XVII, Galileu Galilei volta a discutir o problema, agora de um modo muito mais metuculoso, baseado em observações experimentais feitas por ele e seus discípulos nos arredores da cidade de Pisa, como aparece descrita em um dos diálogos do livro *Duas novas Ciências*¹⁷ editado em 1638.

“ Mas, eu, Simplicio que fiz a experiência, posso assegurar que uma bala de canhão pesando cinqüenta ou cem quilos, ou mesmo mais, não atingirá o solo um palmo à frente de uma bala de mosquete pesando só

¹⁵ João Philoponus- Também conhecido como João o Gramático, filósofo e estudioso bizantino. (sec VI)

¹⁶ Simon Stevin- Engenheiro, físico e matemático holandez (sec XVI)

¹⁷ Galileu, Galilei - *Duas novas Ciências*; tradução de Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda. - Rio de Janeiro - Brasil - II edição.

meio quilo, contanto que ambas sejam soltas de uma altura de 200 côvados¹⁸ a maior se avanta à menor de uma distância de dois dedos, isto é, quando a primeira atinge o solo, a outra está mais atrás a uma distância de dois dedos.”

Galileu, aí representado por Salviati, tenta convencer a Simplicio, um seguidor assumido das idéias de Aristóteles, o equívoco das idéias do seu mestre quando tentava explicar o fenômeno da queda dos corpos, mesmo assim era quase impossível Simplicio acreditar que uma gota de chumbo pudesse se mover tão rapidamente quanto uma bala de canhão. Saviati continua a sua argumentação:

“Pode-se dizer que um grão de areia tem a mesma velocidade que uma roda de moinho. Não desejaria, Sr. Simplicio, que fizesse como tantos outros que, desviando o raciocínio do objetivo principal, se agarram a qualquer expressão minha que se afasta da verdade apenas por um cabelo, e querem esconder debaixo desse cabelo o erro de outro do tamanho da amarra de um navio. Aristóteles diz: “Uma bola de ferro de cem libras¹⁹ que cai de uma altura de cem braças²⁰ chega ao solo antes que uma bola de uma libra tenha descido apenas uma braça.”, eu afirmo que as duas chegam ao mesmo tempo. Comprova-se fazendo a experiência que a maior precede a menor em dois dedos, ou seja que no momento em que a maior chega ao solo, a outra está a uma distância de dois dedos: ora o senhor quer esconder as noventa e nove braças de Aristóteles sob esses dois dedos e, falando apenas de meu pequeno erro, silenciar sobre a enormidade do outro.”

Na citação acima, Galileu destaca a enorme diferença quantitativa de resultados entre um fato experimental presumivelmente comprovado, e outro fruto de especulações teóricas de caráter abstrato que induziram a posicionamentos errôneos à respeito da realidade objetiva .

Outros sim, podemos questionar alguns aspectos da argumentação de Galileu na defesa de suas idéias em relação ao fenômeno, dentre eles podemos destacar a quantificação da diferença da distância percorrida pelas bolas (dois dedos). É claro que o argumento galileano é muito mais convincente que o aristotélico, primeiro por ele ter fundamento supostamente baseado na observação, depois pela aproximação dos resultados em relação à realidade. Queremos mostrar que Galileu minimizou consideravelmente a diferença entre as distâncias percorridas pelas bolas do decorrer do experimento. Para isso, podemos calcular a distância percorrida pelas duas bolas num mesmo tempo e mostrar que os dois dedos de Galileu, trata-se na realidade de uma distância muito maior, portanto bem perceptível aos olhos de qualquer mortal comum.

Fazendo a descrição dinâmica do movimento temos:

¹⁸Côvados- Antiga unidade de comprimento , equivalente a 66 cm.

¹⁹Libra - Unidade inglesa de medida de massa, equivalente a 453,60 g.

²⁰Braças-Antiga unidade de comprimento, equivalente a 2,20 m.

Para uma bola de 0,03 m de diâmetro o coeficiente de amortecimento b será de 0,000819. Tomando uma bola de massa igual a 0,4536 kg o espaço percorrido em um tempo de 5 s será:

$$X_2 = 115,2m$$

Analisando os resultados podemos verificar que a diferença de espaços percorridos pelas bolas num mesmo tempo é bem maior que os dois dedos que Galileu afirma ter medido. Para os valores utilizados a diferença é de 6,3 m o que supera sobremaneira as afirmações Galileanas.

Depois de ter mostrado a precariedade da precisão do experimento presumivelmente²¹ realizado por Galileu, faremos o mesmo em laboratório para pequenas alturas (até 3 m), na tentativa de verificar a veracidade das afirmações teóricas feitas anteriormente. Para isso, usaremos alguns recursos adequados para medir as grandezas envolvidas no problema, como por exemplo estrobo-fotografias e/ou cronômetros sensíveis com precisão na casa dos milésimos de segundo, acionados por sensores óticos ou infravermelhos.

Referências Bibliográficas

- 1- Cohen, Bernard - O nascimento de uma nova Ciência (De Copérnico a Newton) EDART editora - São Paulo - SP - Brasil
- 2- Galilei, Galileu - Duas novas Ciências; tradução e notas de Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda - Nova Stella Editora - São Paulo - SP - Brasil. 1985.

²¹ Afirmamos presumivelmente, devido a falta de evidências históricas que comprovem ou não a realização do experimento, que para muitos estudiosos, não passou de um ensaio, tendo portanto uma carga muito grande de especulações teóricas.

O ESPALHAMENTO RUTHERFORD REVISITADO

Maria Inês Nobre Ota (*inesota@if.usp.br*)
Dep. de Física da Univ. Est. de Londrina

O estudo do espalhamento Rutherford é muito importante no ensino de física pois é através dele que se começa a investigar a constituição da matéria. Com seu trabalho de espalhamento de partículas α e β pela matéria, Rutherford descobriu o núcleo atômico e propôs que o átomo é constituído de um núcleo carregado positivamente, rodeado por um conjunto de elétrons que são mantidos próximos ao núcleo devido à interação elétrica. Nos cursos de física o espalhamento Rutherford é estudado tanto com o objetivo de se investigar a estrutura da matéria como, também, para estudar a natureza da interação entre as partículas constituintes do átomo.

Formalmente, o estudo do espalhamento Rutherford inicia-se com o problema clássico de força que varia com o inverso do quadrado da distância. A solução deste problema para o caso da interação eletrostática entre partículas α e β com o núcleo atômico é descrita na forma de trajetórias das partículas incidentes que dependem da distância do alvo que cada partícula passaria se não existisse interação, denominada por “parâmetro de impacto”. Estas trajetórias são hipérbolas cujas excentricidades dependem do parâmetro de impacto e da energia da partícula incidente. Para uma mesma energia, quanto menor é o parâmetro de impacto, maior é o ângulo que a partícula incidente é espalhada. Se o parâmetro de impacto é constante, quanto maior é a energia da partícula incidente, menor é o ângulo de espalhamento. Nas medidas experimentais, normalmente não são considerados os desvios das partículas individuais mas o espalhamento de um feixe de partículas iguais que incidem sobre um alvo com a mesma velocidade. As partículas possuem parâmetros de impacto diferentes por isso são espalhadas com ângulos diferentes. A relação que determina completamente o processo de espalhamento de todo o feixe denomina-se “seção de choque diferencial” que prevê a fração do número total de partículas espalhadas em função do ângulo de espalhamento. Esta relação é a “fórmula de Rutherford”, deduzida pelo próprio, que concorda com as observações sobre espalhamento de partículas α realizadas no começo deste século.

Já se passaram oitenta e cinco anos da comunicação por Rutherford do espalhamento de partículas α e β pela matéria. Nestes anos muita coisa mudou tanto de natureza experimental como conceitual. Com as energias utilizadas no começo do século, foi possível investigar a estrutura do átomo. Porém, a matéria foi sendo bombardeada com energias cada vez mais elevadas e assim foram descobertas outras partículas, não previstas por Rutherford. O objetivo deste trabalho é

revisitar o espalhamento Rutherford e discutir algumas indagações que não existiam no começo do século. Para isto vamos investigar especificamente um tipo de interação: o espalhamento elástico elétron-próton.

I - Distribuição de carga do próton

A seção de choque diferencial é obtida através da solução das equações de movimento da interação eletrostática entre as partículas. Esta solução pode ser expressa através da equação da trajetória que depende da energia das partículas incidentes e do parâmetro de impacto.

A primeira questão que vamos revisitar é relativa ao parâmetro de impacto. Da solução da equação de movimento temos que o ângulo de espalhamento θ é inversamente proporcional ao parâmetro de impacto b . Quanto menor é o parâmetro de impacto, maior é o ângulo de espalhamento até que no limite de b tendendo a zero haveria espalhamento "para trás" ($\theta=180^\circ$). Mas se o parâmetro de impacto for muito pequeno, da ordem de 1fm (10^{-15} m), um elétron incidente atingiria o próton pois, diferente do elétron, o próton tem estrutura e tamanho. A carga do próton não está concentrada num ponto, como é considerado no problema do espalhamento Rutherford. Para distâncias da ordem de 1fm , o elétron passa por dentro do próton, interage com um campo diferente do próton puntiforme e o ângulo de espalhamento também é diferente daquele previsto.

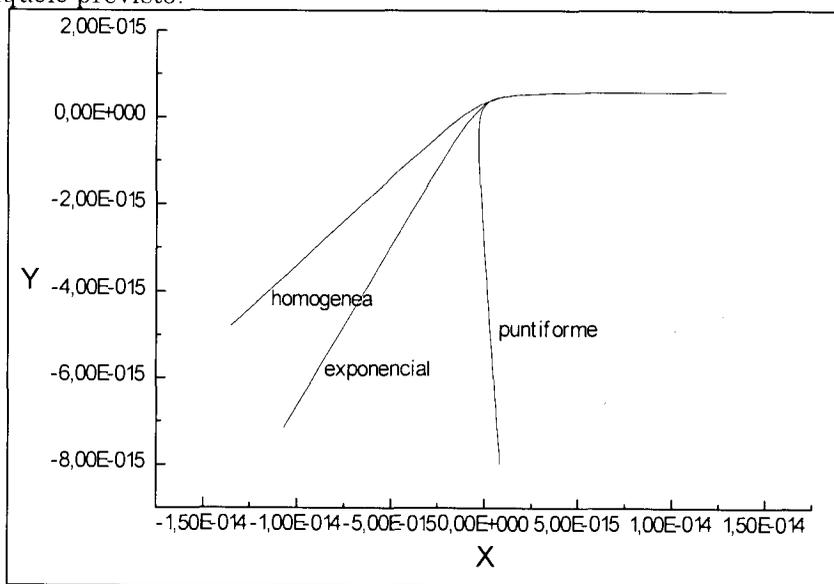


figura 1

Rutherford descobriu um núcleo concentrado e duro para as energias com que bombardeava a matéria mas com o aumento das

energias, descobriu-se que nem o núcleo e nem o próton são duros. Na figura 1 apresentamos as trajetórias referentes a três distribuições de carga do próton: puntiforme; homogênea e exponencial. Esta última é a distribuição aceita atualmente pelos físicos.

Esta revisitação ao espalhamento Rutherford leva a indagações sobre a estrutura do próton. Da forma como normalmente o alvo é considerado no espalhamento, estas questões nem aparecem pois a partícula alvo é naturalmente um ponto.

II - Partículas e campos na relatividade

A segunda questão a ser revisitada é relativa às implicações da teoria da relatividade restrita na energia das partículas e na forma do campo. No espalhamento Rutherford, a energia da partícula incidente é a energia cinética. Quanto maior for esta energia, maior é a velocidade da partícula. Como não há limite para a velocidade da partícula incidente, ela pode atingir qualquer valor e isto faz com que, para energias altas, a seção de choque fica muito pequena pois as partículas têm velocidades muito altas, maiores que a da luz. Na figura 2a são apresentadas, em escala logarítmica, as curvas relativas às seções de choque previstas classicamente e aquelas calculadas considerando que existe uma velocidade limite. Há discrepância entre as previsões para energias de 1MeV e de 10MeV.

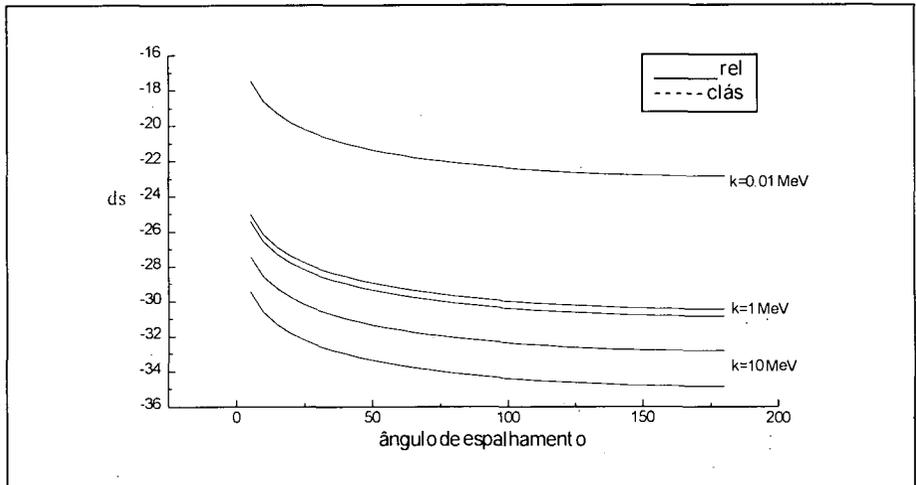


figura 2a

As conseqüências dos princípios da teoria da relatividade restrita no espaço e no tempo refletem-se nos campos. Se no referencial de repouso da carga existe um campo elétrico com simetria esférica, no referencial da carga em movimento, o campo elétrico tem simetria cilíndrica e há também campo magnético. No espalhamento Rutherford a

partícula incidente interage apenas com um campo eletrostático (simetricamente esférico) embora este espalhamento seja descrito no sistema de referência do centro de massa, onde tanto a partícula incidente como a partícula alvo estão em movimento. Para energias intermediárias e altas os efeitos relativísticos são perceptíveis como está indicado na figura 2b.

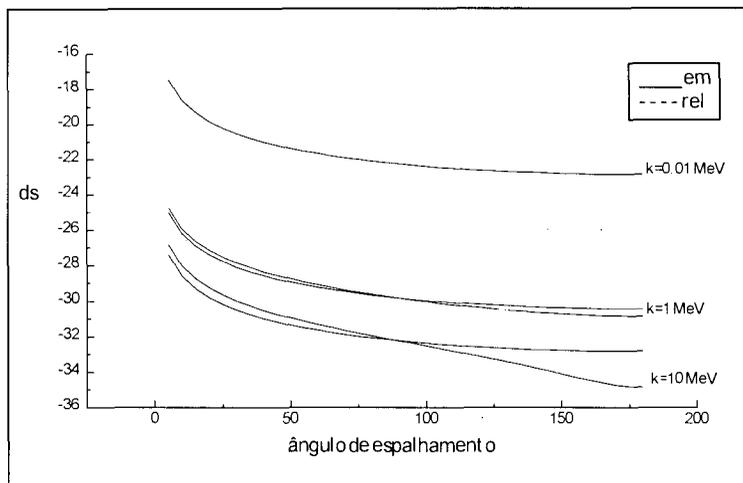


figura 2b

Nesta figura estão apresentadas as curvas relativas às seções de choque que foram calculadas levando-se em consideração os efeitos relativísticos dos campos comparadas com as seções de choque de Rutherford corrigidas nas energias das partículas incidentes.

Outro aspecto que também não é considerado no espalhamento Rutherford é a irradiação da partícula carregada durante o espalhamento uma vez que trata-se de uma carga acelerada. Todos estes efeitos relativísticos existem quando é feita uma interpretação do espalhamento considerando-se a interação de cargas com campos e não de partículas entre si. No ensino do espalhamento Rutherford, o conceito fundamental é a força que atua sobre a partícula incidente e as leis que regem o movimento são as leis de Newton. Por isso não aparecem nenhum efeito relativo aos campos. Estas propostas de revisão ao espalhamento Rutherford permite adentrar nas discussões relativas às características dos campos e até na realidade do campo.

III - Propriedades quânticas das partículas

A última questão a ser revisitada é relativa ao spin das partículas interagentes. No espalhamento Rutherford as partículas não têm spin pois esta é uma propriedade essencialmente quântica. Em muitos experimentos as partículas espalhadas não são polarizadas, isto é, as

polarizações dos estados finais das partículas não são detectadas. As seções de choque correspondentes à não polarização são calculadas fazendo a média sobre todos os estados iniciais de polarização. Os resultados que são obtidos deste processo coincidem com os previstos por Rutherford no limite de energias baixas.

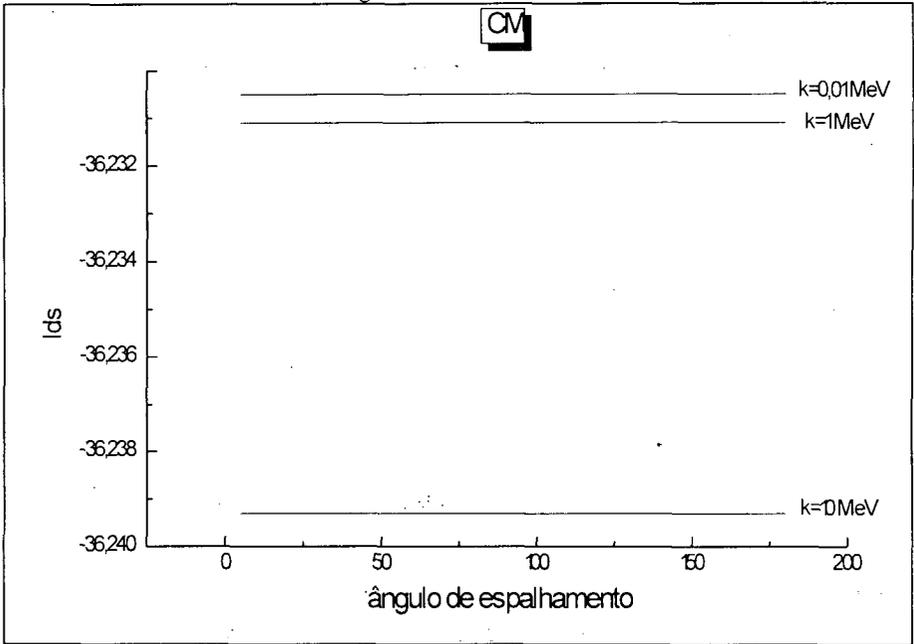


figura 3

Entretanto, é possível haver durante a interação um *flip* no spin das duas partículas e, nesta situação, a seção de choque é completamente diferente daquela relativa ao espalhamento não polarizado. Na figura 3 há as seções de choque para três energias diferentes. Se comparadas com aquelas apresentadas na figura 2b é possível verificar que estas seções de choque são muito pequenas, ou seja, a probabilidade de haver espalhamento com *flip* dos spins é muito pequena. Outra característica interessante deste evento é que a seção de choque não depende do ângulo de espalhamento. Eis aqui mais uma situação intrigante que excita a curiosidade sobre o spin e a interação que o envolve diretamente.

Considerações Finais

Esta revisão ao espalhamento Rutherford é apenas um exemplo de como tornar o ensino da física menos automático. Ao invés do conhecimento da física ser introduzido de forma axiomática, justificado superficialmente e apresentado sem problemas, propomos o rompimento com esta situação através da proposição de questões que se constituem em problemas no ensino da física pois assim poderá ser quebrada a

barreira da naturalidade do conhecimento físico e com isto ser possível questioná-lo, procurar compreendê-lo e, quem sabe, apreendê-lo.

Bibliografia

- Feynman, R. P.** QED A Estranha Teoria da Luz e da Matéria, Lisboa, Gradiva, 1992.
- Kittel, C; Knight, W.D.; Ruderman, M.A.** Curso de Física de Berkeley, vol. 1 Mecânica, São Paulo, Edgard Blücher, 1973.
- Landau, L; Lifshitz, E.** Teoria de Campo, Moscou, Mir, 1980.
- Landau, L; Lifshitz, E** - Mecânica - tradução de Edmundo da Silva Braga - Moscou, MIR, 1978.
- Mandl, F.** Introduction to quantum field theory, New York, Interscience, 1959.
- Mandl, F. e Shaw, G.** Quantum field theory, Chichester, Wiley, 1986.
- Marion, J.B.,** Classical Dynamics of particules and systems, New Yord and London, Academic Press, 1970.
- Symon, K. R.** Mecânica, trad. Gilson Brand Batista, Rio de Janeiro, Campus, 1982.
- Rutherford, E** Phil. Mag., 21, 669 (1911).

RELATOS SOBRE A "MOSTRA INTERATIVA DE CIÊNCIAS: BRINCANDO TAMBÉM SE APRENDE FÍSICA E ASTRONOMIA"

Rogério Pohlmann Livi (*rlivi@if.ufrgs.br*)
Sílvia Helena Becker Livi (*rlivi@if.ufrgs.br*)
Instituto de Física - UFRGS
Caixa Postal 15051, 91501-970 Porto Alegre-RS

I. Introdução

No prédio do Planetário da UFRGS existe um espaço com aproximadamente 120 m² onde são comumente realizadas exposições estáticas ligadas a educação e cultura. Desde meados de 1995 tem se reunido, mais freqüentemente neste espaço, agora denominado "A Esquina da Ciência", o "Grupo Multidisciplinar Pró Divulgação das Ciências no Rio Grande do Sul", Prodciências. Aproveitando o fato de que mais de 1000 estudantes, professores e público em geral visitam o Planetário por semana e com a finalidade de divulgar e desmistificar as ciências, o Prodciências tem realizado mostras interativas na "Esquina da Ciência". Os membros do grupo multidisciplinar estão ligados a museus e entidades educacionais como: Pró-Reitoria de Extensão da UFRGS, Planetário da UFRGS, Instituto de Física da UFRGS, Museu Anchieta de Ciências Naturais, Centro de Ciências do Rio Grande do Sul - CECIRS, Museu de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul - Museu de Ciências Naturais e Jardim Botânico, Museu Antropológico do Rio Grande do Sul, Museu Luiz Englert da UFRGS e Museu de Paleontologia da UFRGS. Será relatada a participação do Instituto de Física através da seção "Mostra Interativa: Brincando também se aprende Física e Astronomia".

II. Descrição das experiências

Que constelação é esta?

Uma estrutura de varinhas de madeira em paralelepípedo sustenta planos verticais de plástico fino transparente onde pequenas esferas de isopor são estrategicamente colocadas para simular a constelação do Cruzeiro do Sul, quando vista de frente (perspectiva da Terra). Evidencia que as estrelas das constelações vistas de outro ângulo mostram figuras completamente diferentes (Livi, 1987).

Sistema solar em escala:

Representando o Sol como um balão grande de 80 cm de diâmetro, os planetas terão os seguintes diâmetros em mm: Mercúrio 2,9; Vênus 7,0; Terra 7,3 ; Marte 3,9; Júpiter 82,1; Saturno 69,0; Urano 29,2; Netuno

27,9 e Plutão 1,3 (Canalle, 1994). Os visitantes ficam surpresos ao comparar os tamanhos dos planetas, que são feitos de argila (Júpiter e Saturno) ou durepoxi (os demais). Junto ao nome dos planetas informamos a que distância do Sol deveríamos colocá-los nessa escala, em metros : Mercúrio 33; Vênus 62; Terra 86; Marte 131; Júpiter 447; Saturno 820; Urano 1649; Netuno 2585 e Plutão 4390. Apesar de eventualmente serem “manuseados” todos os planetas permaneceram nos seus lugares até o final da mostra.

Achatamento de Saturno:

Girando um anel flexível com uma manivela, vê-se que ele se achata. Um “pôster” do planeta Saturno evidencia seu achatamento, causado por sua rotação rápida (10h30min) e sua baixa densidade (0,7 g/cm³).

Imagens em espelhos planos:

Um espelho plano vertical.

Dois espelhos verticais montados com ângulo de 90 graus.

Idem com ângulo de 60 graus.

Dois espelhos a 90 graus, com suas superfícies a 45° com a horizontal, mostram a imagem de uma pessoa de cabeça para baixo.

Equilíbrio e centro de gravidade:

Dois garfos são espetados simetricamente nos lados opostos de uma rolha, embaixo da qual é preso um prego. O conjunto é sustentado com o centro de gravidade abaixo do ponto de apoio, e passa de “dedo” em “dedo” entre os visitantes.

Ludião, submarino ou diabrete de Descartes:

Numa garrafa descartável de 2 l, cheia de água, flutua um tubo de ensaio transparente invertido, com uma bolha de ar. Apertando a garrafa, a água sobe no tubo e ele afunda. (Montamos 3 garrafas).

Hidrodinâmica:

Utiliza-se um aspirador de pó como soprador. No jato de ar se sustentam bolinhas de isopor e de ping-pong. Ilustra o conceito de pressão dinâmica e o Princípio de Bernoulli.

Quem ganhará a corrida?

Dois objetos cilíndricos de mesma massa e dimensões, mas momento de inércia bem diferentes (um carretel com eixo pesado e lados com pouca massa e uma casca cilíndrica), são soltos no alto de uma rampa e rolam com acelerações diferentes. Quando o carretel chega na base a casca cilíndrica está ainda no meio do caminho.

Configuração do campo magnético de um ímã:

Numa bandeja com bordas em três lados, em cima de um ímã, se distribui pó de ferro com um saleiro. Uma dobradiça na bandeja permite que se despeje o pó de ferro que é recolhido para uso posterior.

Bússola:

Uma bússola de barco foi montada em cima de uma plataforma giratória. Ao girar a bússola, nota-se que a agulha mantém a mesma orientação.

Campo magnético variável induz corrente elétrica:

Um ímã é movimentado para dentro e para fora de uma bobina de 1500 espiras. Fios condutores a ligam a um galvanômetro de ímã móvel, também construído com bobina de 1500 espiras, que mostra a corrente induzida.

Corrente elétrica cria campo magnético:

A agulha de uma pequena bússola, colocada acima de um condutor, se deflete quando nele passa corrente elétrica produzida por uma pilha, que é ligada ao se acionar um interruptor de campainha, que também acende uma lampadinha.

III. A população-alvo e a organização da mostra

Em geral, foram atendidos alunos e professores que vieram assistir programas do Planetário, mas também ocorreram visitas de grupos de estudantes que vieram apenas para a mostra, e de adultos e de crianças acompanhadas de seus pais, aos domingos.

Procurou-se preparar as demonstrações para atingir o amplo espectro de visitantes, de modo que eles participassem ativamente, despertando sua curiosidade e conduzindo-os a se familiarizarem com os fenômenos ilustrados.

Preferiu-se demonstrações que usassem material de baixo custo, que eventualmente poderão ser feitas na escola. Em diversas ocasiões, vimos alunos anotando explicações para repeti-las em eventos da escola e professores sugerindo aos alunos que as reproduzissem.

É essencial que o material escrito seja extremamente conciso. Colocamos o título, uma instrução de como fazer funcionar a demonstração, uma pergunta sobre o que aconteceu e uma explicação do fenômeno, às vezes acompanhada do uso prático. É importante que seja levantado um questionamento sobre cada experiência e que a explicação seja simples e sem usar termos técnicos.

A resposta dos alunos do 1º grau, que eram a maioria dos visitantes, e das crianças pequenas acompanhadas dos pais foi de muito entusiasmo. O mesmo não ocorreu com os alunos de 2º grau (geralmente

do 1º ano), que em alguns casos preferiam ficar conversando no pátio. Os que se interessaram pelas demonstrações, entretanto, indicaram que elas também são adequadas neste nível.

A primeira reação dos alunos era dirigir-se aos monitores, aguardando explicações, ao invés de lê-las, mas no desenrolar da mostra foram ganhando mais independência. No caso de crianças com pais, os últimos em geral liam em voz alta, discutindo as explicações com os filhos. Nessas interações, surgem as concepções dos alunos, que as revisam ao ler as explicações. Alguns alunos, após entender as explicações, chamavam os colegas, fazendo o papel de monitor.

As experiências correlacionadas foram colocadas na mesma mesa, mas a ordem com que eram vistas era totalmente arbitrária. Isso permitiu que os alunos se espalhassem no ambiente, podendo explorar as demonstrações sem se amontoar. A única demonstração que causava maior excitação era a das “bolinhas no jato de ar”, pois todos os alunos queriam mexer nas mesmas. Além disso, era bastante barulhenta. Por isso, fazíamos demonstrações intermitentes, que logo atraíam grupos de alunos.

Algumas crianças mostraram predileção por uma experiência, retornando a ela e, às vezes, explorando-a de outro modo. Sempre mantivemos monitores, estudantes universitários, acompanhando a mostra. Eles recebiam o grupo, introduziam os alunos ao ambiente, explicando como proceder, respondiam as perguntas e entregavam questionários para os professores. A avaliação dos professores foi muito favorável. As impressões dos alunos, escritas em um painel na saída da exposição, também foram bastante entusiásticas.

Referências:

- Canalle, J. B. e Oliveira, I., Comparação entre os tamanhos dos planetas e do Sol. **Cad. Cat. Ens. Fis.** v. 11, n. 2, p. 141-144, ago. 1994.
- Livi, S. H. B., Abra sua janela para o céu. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v. 4, n. 3, p. 158-163, dez. 1987.

PRODUÇÃO, AVALIAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UM VÍDEO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA - RADIAÇÃO CÓSMICA²²

O.S.Pereira, E.W.Hamburger, M.G.Tassara* e D.R.S.Bittencourt

Instituto de Física e Estação Ciência

Escola de Comunicações e Artes*

Universidade de São Paulo

C.P.66318, São Paulo, SP 05315-970, Brasil

Resumo

O ensino da física ressent-se, principalmente no Brasil, da falta de vídeos que tratem dos assuntos que fazem parte de seu currículo, material que pode contribuir muito para melhorar o processo ensino-aprendizagem. Se há poucas produções ou traduções em português para os temas clássicos, a quantidade de vídeos para ensino de física moderna é menor ainda. Com esse objetivo, a ESTAÇÃO CIÊNCIA, Centro de Divulgação Científica da USP e do CNPQ, localizada no bairro da Lapa, na capital de São Paulo, produziu o vídeo Radiação Cósmica a partir da necessidade da própria área de ensino, assim como, da necessidade dos professores de física e de ciências (1o. grau), conforme constatação em cursos de atualização realizados. Descreveremos o processo de produção do vídeo, partindo da discussão do tema com os professores e da ausência de vídeos científicos brasileiros até a elaboração do argumento, do roteiro, edição e filmagens. Discutiremos os critérios de avaliação adotados e as propostas para a sua utilização nos cursos de física e ciências do 1o. grau.

Apresentação

Entre os diversos problemas que encontramos no ensino de física nos seus diversos níveis no Brasil, a desatualização de seu currículo é um dos que têm recebido menos atenção, seja pelos professores, pesquisadores e autoridades. Tanto no 1º como no 2º grau, principalmente, tópicos de física moderna são raramente ensinados.

Às portas do século XXI, mais de cem anos se passaram desde a descoberta dos raios X por Roentgen em 1895, período em que a física sofreu uma das maiores revoluções de sua história com a descoberta de vários fenômenos - a radioatividade, a radiação cósmica, o efeito fotoelétrico, a energia nuclear - que, junto com outros, levaram à teoria quântica e à relatividade.

Em alguns estados e municípios, alguns programas curriculares citam alguns tópicos - como energia nuclear e radioatividade - mas raramente são ensinados. Poucos livros tratam desses temas e a grande maioria dos professores os exclui de suas aulas, alegando, quando

²² Este trabalho faz parte do projeto de pesquisa de mestrado RAIOS CÓSMICOS - INTRODUZINDO FÍSICA MODERNA NO ENSINO - IFUSP

questionados, entre outros motivos, o desconhecimento do assunto, as exigências do vestibular, a falta de recursos, e até, o desinteresse dos alunos.

Esses temas raramente entram no currículo “real” das nossas aulas de física. Quando muito, são citados como curiosidades em momentos de descontração, sem compromisso com o currículo “oficial”. Apesar da grande raridade, entretanto, já encontramos alguns professores que incluem alguns tópicos de física moderna, seja em aulas de ciências físicas, químicas e biológicas e de geografia no 1º grau, ou em aulas de química, biologia e física no 2º grau, sejam escolas públicas, sejam particulares, sejam cursos acadêmicos, sejam técnicos.

Também já encontramos interessantes pesquisas sobre o ensino de física moderna (GAMA & HAMBURGER, 1990), com apresentação de propostas diversas gerais ou para tópicos particulares. Contudo, esses esforços individuais e isolados são ainda muito poucos para a dimensão da nossa rede de ensino.

Como contribuição à melhoria do ensino de física e como parte de uma pesquisa de mestrado, produzimos um vídeo sobre radiação cósmica. Para isso, além de ampla pesquisa sobre o tema e grande trabalho para a produção propriamente dita do vídeo, desenvolvemos uma técnica para a avaliação do mesmo e a aplicamos junto a professores e estudantes, tanto para detectarmos as falhas e qualidades do vídeo, como para levantar as suas possíveis formas de utilização.

1 - O Vídeo na Educação

Alvin Toffler analisa em *A Terceira Onda* (TOFFLER, 1980) o momento de profundas mudanças econômicas, políticas, sociais e culturais em que vivemos e que se refletem na formação dos nossos jovens. E esses reflexos atingem inevitavelmente a escola.

Freinet afirma: “a imagem é hoje a forma superior de comunicação. E, contrariamente ao que tem acontecido com a escrita e com o livro, que não têm conseguido substituir a linguagem, hoje estamos diante de uma técnica que tende a generalizar sua supremacia. Já não se trata apenas de uma elite ou de uma minoria de privilegiados ou de especialistas que se vê afetada por esse fato, mas da massa do povo, da humanidade, já que serão nações inteiras as que passaram, talvez, da cultura da palavra à cultura da imagem sem passar pela etapa intermediária da escrita e do livro” (FERRÉS, 1996).

Ensinar nesse novo ambiente onde a emoção, a imagem, a música precedem a idéia e a sua compreensão, implica recorrer a novas técnicas e linguagens. Dentre os diversos recursos - o cinema, o teatro, a dinâmica de grupo, o computador, o texto impresso, entre outros - o vídeo é um dos que mais se adequa, apesar de não excluir os demais.

Segundo Joan Ferrés, basicamente, o vídeo pode ser utilizado de seis formas:

1) Videolição

É uma situação semelhante à aula expositiva, em que o conteúdo, previamente organizado e planejado, é exposto através de um vídeo. Aproveita os recursos do cinema para explicar o conceito, fenômeno ou assunto escolhido. Enfim, ilustra a explicação do professor com sons, imagens, reprodução de outros filmes, etc, enriquecendo-a. Também é adequada a um estudo individualizado, no qual o estudante tem acesso à cópia da lição exibida para poder assistir novamente em casa, repetindo-a quanto fosse necessário.

2) Videoapoio

Nessa situação, o professor utiliza o vídeo para apoiar uma exposição; ao mesmo tempo em que sua narrativa esclarece o que está sendo exibido, as imagens e os sons reforçam, demonstram ou dinamizam as palavras do professor.

3) Videoprocisso

Aqui, o vídeo é utilizado para registrar uma aula de laboratório, para posterior análise, por exemplo. Os alunos podem registrar em vídeo uma entrevista sobre um tema do interesse da disciplina ou produzir um pequeno filme ou jornal tratando de um assunto que está sendo estudado.

“O vídeo se converte, então, em um estímulo à criatividade, da mesma forma que os pincéis, a pena ou o violão. O vídeo pode ser um estímulo à criatividade ou como meio ou como fim”(FERRÉS, 1996, p.23).

4) Programa Motivador

Tem o objetivo de estimular, fomentar ou iniciar um trabalho a ser desenvolvido posteriormente. O uso do vídeo começa após a sua exibição, e não ao longo dela. “... A videolição fundamenta-se na *pedagogia do enquanto*. A aprendizagem se realiza basicamente enquanto o produto é exibido. O programa motivador, contudo, baseia-se na *pedagogia do depois*. A aprendizagem se realiza basicamente no trabalho de exploração posterior à exibição”.

5) Programa Monoconceitual

Os chamados filmes-conceito ou filmes monoconceituais surgiram há algumas décadas no Estados Unidos e na Europa e tratam de um único conceito. Geralmente são mudos, breves com uma duração de 4 ou 5 minutos e muito versáteis, facilitando o seu uso.

6) Vídeo Interativo

É fruto da combinação da tecnologia do vídeo com a informática. Ao contrário da videolição em que a seqüência é linear, neste o aluno pode escolher entre múltiplos elementos num menu para assistir ao vídeo da

forma que melhor lhe agrada. Segundo Baoulin e Boundan, “denomina-se vídeo interativo todo o programa de vídeo no qual as seqüências de imagens e a seleção das manipulações estão determinadas pelas respostas do usuário ao seu material”(FERRÉS, 1996, p.26)

2 - O Vídeo no Ensino da Física

No período de 1972 a 1975, Mikiya Muramatsu fez uma análise comparativa entre quatro grupos de estudantes universitários do curso de física, em que dois grupos estudaram o tópico “Centro de Massa” através de uma aula expositiva convencional, enquanto, outros dois assistiram a um filme monoconceitual sobre o mesmo tema. Comprovando a equivalência estatística entre os grupos, constatou-se uma aprendizagem significativamente maior nos grupos que assistiram ao vídeo.

O trabalho faz também uma ampla discussão sobre o papel do uso do cinema - uma vez que a tecnologia do vídeo não existia na época - na educação em geral, e, particularmente, no ensino da física. No final apresenta uma ampla relação de filmes disponíveis(MURAMATSU, 1975).

Sobre o uso do vídeo no ensino da física, Pedro Mileo discute o impacto dos meios de comunicação contemporâneos na educação, e, a partir da teoria de Vigotsky, propõe o uso do vídeo como um facilitador da aprendizagem, principalmente, gerando questões para discussão, estudo e análise e como fonte de pesquisa(MILEO,1994).

Assim, o filme que produzimos no formato de vídeo sobre radiação cósmica procura ser uma obra de arte à medida que foge da linha “didática”. Pela beleza das imagens selecionadas procura estimular o estudante para o assunto. É relativamente curto, com 20 minutos de duração, pois não pretende esgotar o assunto, mas iniciar o estudante nele, ao mesmo tempo que permite seu uso numa aula normal de 45 ou 50 minutos.

É dirigido a leigos no assunto que tenham uma escolaridade básica - 1o. grau, a princípio - mas é dirigido principalmente aos estudantes de 7a. e 8a. série do 1o. grau e do 2o. grau. Como constatamos posteriormente, também é adequado para aulas introdutórias de física moderna no 3o. grau, assim como para professores de 1o., 2o. e 3o. graus.

3 - Produção do Vídeo - Radiação Cósmica

3.1 - Histórico

Em 1993, durante a realização de um curso de extensão universitária sobre física nuclear e raios cósmicos para professores de física, no Instituto de Física da USP, sentimos a falta de vídeos, tanto nacionais como estrangeiros, que tratassem de tópicos de física moderna, particularmente, dos raios cósmicos. A partir desta necessidade e da

sugestão dos próprios professores, decidimos produzir este vídeo. Os assuntos tratados no vídeo são:

- o que é radiação e ionização
- tipos de radiação (visível, UV, IV, X, rádio, α, β, γ)
- interação da radiação ionizante com a matéria
- a estrutura da matéria (o modelo de Rutherford)
- o que é radiação cósmica
- constituição da radiação cósmica primária e secundária
- o processo de produção de um chuva de partículas pela radiação cósmica
 - algumas partículas subatômicas (próton, nêutron, elétron, pósitron, múon, pión)
 - a teoria de Yukawa para o núcleo atômico
 - a história da descoberta do pión
 - a fundação da USP e a criação do Depto. de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras
 - o papel de Gleb Wataghin na formação dos físicos brasileiros
 - a importância de Marcello Damy de Souza Santos, Paulus Aulus Pompéia e César Lattes nas pesquisas dos raios cósmicos e na descoberta do pión
 - a criação do Laboratório de Radiação Cósmica de Chacaltaya
 - instrumentos para detecção de raios cósmicos (contador Geiger-Müller, câmara de Wilson, emulsões nucleares)
 - a descoberta de partículas nos raios cósmicos
 - os aceleradores de partículas
 - o cancelamento do SSC (Superconducting Super Collider) nos EUA
 - o laboratório de Gran Sasso na Itália e os laboratórios do Depto. de Raios Cósmicos do Inst. Física Gleb Wataghin na UNICAMP
 - o Projeto Microsul para detecção de fontes puntiformes de raios cósmicos altas energias
 - o telescópio didático de raios cósmicos da Estação Ciência
 - a hipótese da aceleração dos raios cósmicos na explosão de supernovas

3.2 - Argumento e Roteiro

Ao se produzir um vídeo, a primeira etapa é redigir o argumento que conterá grande parte das informações farão parte dele. O argumento deve conter a “imagem-síntese”, que o caracterizará. Não precisa apresentar a ordem em que todas as informações estarão colocadas, nem as imagens, instrumentos, locais e pessoas que deverão ser filmadas; ou efeitos especiais - maquetes, simulações e animações em computador. Esse detalhamento deverá fazer parte do primeiros tratamentos do roteiro.

O argumento foi produzido a partir da transcrição de uma palestra do prof. E.W. Hamburger para professores gravada em vídeo e transcrita por Ozimar S. Pereira. Tanto o argumento como o roteiro foram redigidos pelo prof. Marcello G. Tassara do Depto. Rádio e Televisão da Escola de Comunicação e Artes da USP, que ficou encarregado da direção geral do vídeo.

Com a participação do prof. Diomar da Rocha Santos Bittencourt - coordenador da Oficina de Vídeo do IFUSP, após várias discussões para aprimoramento do roteiro, inicialmente, com a colaboração de alguns professores, prof. Tassara passou à redação do roteiro. Nele as idéias apresentadas no argumento foram organizadas de modo a permitir o planejamento e realização da produção do vídeo propriamente dito.

O roteiro foi lido, discutido e revisado várias vezes, atingindo seu formato definitivo no quinto tratamento no final de 1993, com: divisão de todas as falas do locutor e dos apresentadores, com os respectivos textos já definidos e redigidos, as imagens a serem utilizadas e a ordem de apresentação, os efeitos especiais e a trilha sonora.

3.3 - Produção

Na fase de pré-produção, quando discutíamos com os professores do curso as características do vídeo, fizemos os primeiros levantamentos de imagens nos arquivos da Agência Estado, da Folha de S. Paulo e da Editora Abril, e nas bibliotecas do Observatório Astronômico Municipal de Diadema, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, do Instituto Astronômico e Geofísico e do Instituto de Física da USP e no Centro Mário Schemberg de Pesquisa em Artes.

Os equipamentos para demonstração utilizados no filme foram obtidos no Laboratório de Demonstrações do IFUSP, no Depto. de Raios Cósmicos da UNICAMP, no Depto. de Astronomia do IAG-USP, no IPEN e na Estação Ciência.

A direção das filmagens e a supervisão de iluminação ficaram a cargo do professor e cineasta Aloysio Raulino, e a direção de produção a cargo do cineasta Joel Yamaji, ambos da ECA-USP. As imagens animadas em computador foram produzidas por Hélio Eiti Matusita, Malu Dias Marques e Juan F.P. Buchelli, estudantes do curso de cinema da ECA-USP, com a colaboração dos Profs. Marcelo Zuffo e Marcos Andruchak do Laboratório de Sistemas Integrados da Escola Politécnica da USP. As filmagens foram feitas por José Ângelo Rodrigues, Jefferson Albarran, Malu Dias Marques e Alex Santos. A apresentação foi feita pelo prof. E.W.Hamburger e a narração pela jornalista e apresentadora da TV Cultura, Valéria Grillo.

Com a intenção de produzir um vídeo com melhor qualidade, foi comprada uma câmera de vídeo super-VHS pela Estação Ciência para as filmagens. Para a iluminação das filmagens do telescópio de raios cósmicos na Estação Ciência, dos laboratórios do Depto. de Raios

Cósmicos do Inst. Física Gleb Wataghin na Unicamp e do telescópio de múons do Projeto Microsul no Instituto Astronômico e Geofísico da USP, alugamos os refletores da Quanta. A produção ocorreu no período de março a outubro de 1995.

Para a pós-produção - edição e legendas - foram utilizados os laboratórios da ECAUSP, da Videcom, da RBS (Rede Brasil Sul), e da Líder Cine-Laboratórios.

4 - Avaliação do Vídeo Radiação Cósmica

4.2 - Pré-Avaliação

Para termos uma avaliação prévia do vídeo produzido, fizemos uma sondagem junto a 183 alunos das 1as. e 2as. séries do 2o. grau do Colégio Pio XII nos dias 07 e 14 de maio de 1996. Esse colégio foi escolhido por uma questão de facilidade, uma vez que o autor era o professor das citadas turmas. Apesar de ser um colégio de classe média alta de São Paulo, a postura do aluno frente aos estudos, assim como o seu nível de aproveitamento e interesse, não eram muito diferentes da maioria dos alunos de 2o. grau das escolas paulistas.

Como a intenção era avaliar o poder de comunicação do vídeo, o apresentamos no início do 2o. bimestre escolar a título de preparação para um trabalho sobre radioatividade que estava sendo preparado em conjunto com a disciplina de redação para as três 1as. séries e para um trabalho sobre acidentes nucleares que estava sendo preparado, por sua vez, junto com biologia e redação nas outras três séries.

Para verificarmos o que o aluno conseguia aprender de fato assistindo unicamente ao vídeo, não demos maiores informações antes da sua exibição. Somente destacamos a sua importância para auxiliá-los na elaboração do trabalho, justificando a escolha do assunto pelo fato de que 50% da radiação ionizante natural a que estamos expostos é uma radiação que vem de fora do planeta - a radiação cósmica.

Imediatamente após a exibição foi solicitado aos alunos que respondessem as seguintes perguntas por escrito individualmente:

- 1 - O que é radiação cósmica ?
- 2 - Cite as principais qualidades do vídeo.
- 3 - Cite os principais defeitos do vídeo.
- 4 - Diga o que você não entendeu.
- 5 - Como você classificaria o vídeo:

()ótimo ()bom ()regular ()ruim

As qualidades e as falhas detectadas foram de dois tipos - as técnicas, ligadas à produção, filmagem, sonorização, locução e edição do vídeo, e as pedagógicas, ligadas à sua concepção, roteiro, argumento, qualidade e clareza das explicações e profundidade. Foram detectadas 27 diferentes tipos de dúvidas. Todas as falhas, qualidades e dúvidas estão resumidas nas tabelas a seguir

Tabela I - Falhas do Vídeo

Falhas Técnicas	Falhas Pedagógicas
1 - Som	1 - Quantidade excessiva de nomes e informações
2 - Imagens mal definidas	2 - Explicações confusas ou complicadas
3 - Cor	3 - Mudança brusca de assunto
4 - Voz dos apresentadores	4 - As idéias ficam jogadas
5 - Explicações muito rápidas	5 - Vocabulário difícil, muito técnico
6 - Música de fundo irritante e lenta	6 - O vídeo é muito curto para as informações apresentadas
7 - Música atrapalha o narrador às vezes	7 - Como há muitas informações, fica difícil tirar conclusões.
8 - Repetições de cenas	8 - Prende pouco a atenção
9 - Imagens aleatórias	9 - Muito genérico
10 - Pouca participação "humana"	10 - Faltam mais demonstrações (experiências)
	11 - Assunto muito complexo e difícil
	12 - Faltam esquemas para acompanhar as explicações
	13 - Só explica o como, e não o porquê
	14 - As experiências são mal explicadas

Tabela II - Qualidades do Vídeo

Qualidades Técnicas	Qualidades Pedagógicas
1 - Bem elaborado e apresentado	1 - Clareza
2 - Boas imagens	2 - Objetividade
3 - Grande quantidade de imagens	3 - Boas explicações
4 - A grande variedade de demonstrações (experiências) exibidas	4 - Variedade de assuntos
5 - Os apresentadores	5 - O próprio assunto escolhido
6 - A riqueza de recursos utilizados	6 - Lugares interessantes exibidos
7 - A aparelhagem mostrada	7 - Bem exemplificado
8 - Os efeitos especiais	8 - Interessante
9 - A narração	9 - Simplicidade da linguagem
10 - As tomadas de câmera e a iluminação das cenas	10 - Não é cansativo
11 - As legendas	11 - Bem resumido
12 - Boa produção e edição	12 - Apresenta aspectos atuais
13 - O som	13 - Informativo
	14 - Boa introdução ao assunto

Tabela III - Dúvidas apresentadas pelos alunos

1-	O funcionamento e a finalidade do telescópio de múons
2-	A utilidade dos balões nas pesquisas
3-	O que é a radiação primária
4-	Como se dá a aceleração das partículas
5-	O que são múons e píons
6-	O que são os chuueiros penetrantes
7-	Como se medem os raios cósmicos
8-	Quais são as reações provocadas pelos píons
9-	Qual a origem dos múons e píons
10-	Como a radiação cósmica chega à Terra
11-	O que é radiação cósmica
12-	Qual é a quantidade de partículas que cai na Terra
13-	Qual a composição dos raios cósmicos
14-	A influência dos raios cósmicos na nossa vida
15-	A relação entre as estrelas e os raios cósmicos
16-	A relação entre ionização e os raios cósmicos
17-	Formação dos múons e elétrons que atingem a superf. da Terra
18-	Funcionamento do eletroscópio
19-	A câmara de Wilson
20-	O processo de ionização dos átomos
21-	Radiação
22-	Como as radiações são distinguidas
23-	Ondas de rádio
24-	Os tipos de radiações α , β e γ
25-	A finalidade do acelerador de partículas
26-	Por que foi cancelada a construção do acelerador SSC
27-	O que são estrelas supernovas

As informações obtidas nesta pré-avaliação são importantes para o planejamento de qualquer atividade em que seja utilizado o vídeo. Porém, as dúvidas apresentadas e, tanto as qualidades como os defeitos encontrados, estão ligados à realidade dos alunos que participaram da avaliação: ao nível de profundidade do curso de física, química ou ciências que tiveram; o nível sócio-econômico e cultural a que pertencem; e, à estrutura escolar a que estão acostumados.

4.2 - Avaliação do Vídeo nas Escolas

No período de julho a setembro de 1996, contatamos 40 professores de ciências do 1o. grau, geografia, biologia, química e física cujos nomes dispúnhamos na Estação Ciência. Destes, 23 dispuseram-se a avaliar o vídeo, utilizando-o em suas aulas. Para isso, doamos uma cópia do mesmo e elaboramos um guia de sugestões com muitas informações sobre o histórico do projeto, a radiação cósmica, a produção do vídeo e a pré-avaliação feita. O guia continha também uma relação bibliográfica, tanto para uso do professor, como para uso do aluno, e uma cópia de doze textos para facilitar o trabalho do professor.

Novo professores lecionavam na cidade de São Paulo (5EPU - 3EPA - 1SUP)²³; dois na cidade de Diadema - SP (1EPU - 1EPA); dois em Brasília, no Distrito Federal (2EPU); dois em São José dos Campos - SP (1EPU - 1ET); dois em Santo André - ABCD Paulista (2SUP); um em Rio Grande da Serra - ABCD Paulista (1EPU); um em Cruzeiro - SP (1ET); um em Piracicaba - SP (1EPA); um em Sorocaba - SP (1ET); um é físico nuclear no IPEN-Inst.Pesqu.Energ. e Nucleares em São Paulo e é ex-professor da rede pública e uma professora era coordenadora pedagógica na Fundação Bradesco em Osasco - SP

No final do semestre, o professor deveria remeter um relatório das atividades desenvolvidas com o vídeo, conjuntamente com uma avaliação feita pelos alunos.(As questões constantes dos relatórios, encontram-se anexas no final deste trabalho). Dos 23 participantes, até o momento da redação deste trabalho, tivemos o retorno de 10, cujas principais informações encontram-se resumidas na Tabela IV.

Tabela IV - Escolas Participantes da Avaliação do Vídeo

<i>Cidade e Estado</i>	<i>Nome da Escola</i>	<i>Professor Coord.</i>	<i>Matéria</i>	<i>Nível</i>	<i>No. de Alunos</i>
Brasília DF	Centro Educac. E. Branco	Edson D'Abadia	Física	2a. série 2o. grau	60
Osasco SP	Fundação Bradesco	Dalva M.R.Tavares	Biologia Coord.Pedag.	1o.grau	
São José dos Campos - SP	EEPSG Olímpio Catão	Inês Varianc	Ciências	8a. série 1o. grau	112
São José dos Campos - SP	SENAI Santos Dumont	Lourival Carhinatti	Física Aplicada	8ª série/ 1o.grau 1a. série/2o. grau	60
São Paulo - SP Alto da Lapa	Colégio Oswald de Andrade	Jacó Izidro de Moura	Física	3as.séries 2o.grau	60
São Paulo - SP Butantã	Eepsg Dr. Kyrillos	Armando Massao Tagiku	Física	3as.séries 2o. grau	59
São Paulo - SP Ipiranga	Colégio Lumen Vitae	Claudete J. Carmona Yonashiro	Física e Geógrafia	2o. grau	-
São Paulo - SP Lapa	EEPG Guilherme Almeida	Aparecida Alves Siqueira	Geografia Ciências	5as. séries 1o. grau	-
São Paulo - SP Santo Amaro	Instituto Costa Braga	Annie Marie Sebastian	Física	2a. série 2o. grau	40
Sorocaba SP	Esc.Técnica Est. F. Prestes	Luís A.P.AlcântaraJo sé Goes Moura	Física	1a,2a e 3a. série 2o. grau	90

Total de Alunos: 481

²³ EPU = escola pública; EPA = escola particular; ET = escola técnica; SUP = nível superior.

Dos dez professores, oito planejaram atividades para a utilização do vídeo, exibindo-o para seus alunos, seja como atividade complementar, seja como introdução, ilustração ou encerramento de tópico que constava de seu planejamento escolar original. 481 estudantes no total assistiram ao vídeo e responderam uma avaliação quanto ao projeto e quanto à compreensão dos assuntos apresentados (Vide tabelas IV e V).

Agradecimentos

Os autores agradecem sinceramente aos professores e estudantes que não mediram esforços para colaborar na realização deste trabalho, que, temos certeza, trará contribuições à melhoria do ensino das ciências, e, particularmente, da física, num esforço comum para a formação de um cidadão mais crítico e responsável.

Bibliografia

- FERRÉS, J. 1996. *Vídeo e Educação* (Artes Médicas, Porto Alegre, 2a. edição)
- GAMA, H & HAMBURGER, E.W. 1990. *Pesquisas sobre o Ensino da Física* (Instituto de Física da USP, São Paulo)
- MILEO FILHO, P.R. 1994. *Meios Audiovisuais no Ensino da Física: produção, classificação e dinâmicas de utilização de audiovisuais educativos de física na sala de aula.* (Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Educação e ao Instituto de Física da USP, São Paulo).
- MURAMATSU, M. 1975. *Produção, utilização e avaliação de filmes didáticos de física.* (Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Educação e ao Instituto de Física da USP, São Paulo).
- PEREIRA, O.S et. alii. 1994. *Vídeos Estudantis na Educação Ambiental* (Painel desenvolvido com estudantes do Colégio Arquidiocesano de São Paulo e apresentado no III Fórum de Educação Ambiental, São Paulo).
- PFROMM NETTO, S. 1976. *Tecnologia da Educação e Comunicação de Massa* (Pioneira, São Paulo).
- TOFFLER, A. 1990. *A Terceira Onda* (Record, Rio de Janeiro, 2a. edição)

Anexos

Orientação para o Preenchimento. O formulário para o relatório do professor, descrevendo as atividades planejadas e desenvolvidas com o vídeo *RADIAÇÃO CÓSMICA*, deve ser preenchido com todos os detalhes que julgar necessário mencionar. É importante anexar cópias dos textos produzidos ou utilizados na atividade, tanto para o seu desenvolvimento como para a sua avaliação. Anexe algumas cópias dos trabalhos que, por ventura, os alunos tenham desenvolvido. As

melhores experiências desenvolvidas pelos professores serão divulgadas com seus respectivos autores e escolas no final do trabalho.

ESTAÇÃO CIÊNCIA/USP/CNPQ

RAIOS CÓSMICOS

Introduzindo Tópicos de Física Moderna
no 1o. e 2o. Graus

A - Relatório de Avaliação do Professor

DATA / NOME / ESCOLA / ENDEREÇO P/ CORRESPONDÊNCIA
/TEL. P/ CONTATO

- 01 - Séries/Grau dos alunos que assistiram ao vídeo
- 02 - Quantidade de alunos por série que assistiram ao vídeo
- 03 - Descreva as atividades que desenvolveu para utilizar o vídeo.
- 04 - Como o roteiro auxiliou na preparação das atividades?
- 05 - Quais as dificuldades que encontrou na utilização do roteiro ?
- 06 - Que sugestões você daria para aprimorá-lo ?
- 07 - O que você achou do vídeo? Cite as suas principais qualidades e defeitos?
- 08 - Como o vídeo *Radiação Cósmica* auxiliou você a introduzir tópicos de física moderna nas suas aulas?
- 09 - Quais as dificuldades que encontrou para utilizar o vídeo ?
- 10 - Normalmente, o que você ensina sobre física moderna nas suas aulas ? Quantas aulas gasta para isso?
- 11 - O que você acha sobre a introdução de raios cósmicos e outros tópicos de física moderna no 1o. e 2o. graus ?
- 12 - Quais os obstáculos que você encontraria para a introdução de raios cósmicos ou tópicos relacionados de física moderna nas suas aulas ?
- 13 - O que julga ter aprendido participando deste projeto ?
- 14 - Caso, durante a realização do projeto, tenha acontecido algo de interessante nas aulas, descreva essas experiências.
- 15 - Que sugestões você daria para uma continuidade deste projeto?
- 16 - Você gostaria de participar de um grupo de trabalho para a introdução de tópicos de física moderna no 1o. e 2o. graus? Por quê? Em caso afirmativo, que sugestões você daria para a organização do grupo?
- 17 - Caso queira fazer algum comentário, utilize o espaço abaixo.

B - Questionário de Avaliação do Aluno

- 01 - Nome/Escola/Idade/Série/Grau
- 02 - Nome Do Professor e Disciplina em que o vídeo foi utilizado
- 03 - O que é Radiação Cósmica ?
- 04 - O que você mais gostou no vídeo *Radiação Cósmica*?
- 05 - O que você menos gostou no vídeo ?
- 06 - O que você não conseguiu compreender bem ?

07 - O que você achou de ter participado da atividade sobre Raios Cósmiticos ? Explique.

08 - Assinale a alternativa correta:

A) Os raios cósmicos são

artificiais naturais sobrenaturais .

B) Eles vêm

de todo o universo do centro da Terra da Lua dos

Planetas

C) São constituídos de .

areia meteoritos moléculas átomos e partículas

subatômicas

D) A atmosfera absorve

nenhum deles. todos. muitos, mas vários atingem o

solo.

E) A sua velocidade é

infinita. próxima à velocidade da luz (300.000

km/s).

próxima à velocidade do som no ar (340 m/s). é muito

pequena.

F) Você é atravessado por eles ?

Sim, várias vezes por segundo. Nunca. Às vezes. Só ao

ar livre.

G) Se você é atravessado, você sente

dores. mal estar. nada. cócegas.

H) O raio cósmico deixa por onde ele passa

luz. cargas elétricas. partículas. gases.

I) O telescópio de raios cósmicos mostrado no vídeo registra

a direção de onde veio o raio cósmico.

a velocidade do raio cósmico.

o tamanho do raio cósmico.

somente a quantidade de partículas que o atravessaram.

09 - Caso deseje fazer algum comentário, utilize o espaço abaixo.

ESTAÇÕES DO ANO - UMA ATIVIDADE PARA O 2º GRAU

Cezar Cavanha Babichak¹ (*babichak@if.usp.br*)
Marcelo de O. Terra Cunha² (*tcunha@ifi.unicamp.br*)
Maria José P. M. de Almeida³ (*mjpma@turing.unicamp.br*)
1- IFUSP - CNPq
2- IFGW-UNICAMP - FAPESP
3- FE-UNICAMP/ CNPq

Apresentamos e discutimos uma atividade desenvolvida numa classe de 1º colegial de uma escola oficial de Campinas - SP, incluída no estágio da disciplina Prática de Ensino. Ela faz parte de um conjunto em elaboração sobre o tema Gravitação, destinado ao 2º grau, e, possivelmente, também para o final do ensino fundamental.

Os pressupostos da elaboração são:

- a certeza de que cabe à escola a difusão sistemática da cultura elaborada, passada e presente, na qual a ciência tem um papel preponderante;

- a convicção de que, no ensino, a abordagem sócio-interacionista, além de facilitar a mediação de conhecimentos em sala de aula, pela importância que o papel da linguagem tem nessa abordagem, pode contribuir significativamente para motivar o gosto pelo estudo e a sua continuidade após o tempo escolar (Vygotsky, 1984);

- a opção pela abordagem na escola de temas na medida do possível totalizantes, ainda que de forma qualitativa, para em seguida buscar o aprofundamento dos fragmentos. Procuramos dessa maneira contribuir de forma significativa para o aprendizado do aluno num processo de continuidade-ruptura (Snyders, 1977).

A escolha do tema não se deu por acaso. A Gravitação apresenta grande importância histórica, sem deixar de ser atual: por um lado é um passo marcante na unificação newtoniana da Física dos céus e da Terra, e por outro, é ainda hoje considerada uma das quatro interações fundamentais da matéria. Apesar disso, na escola ela é apenas um capítulo poucas vezes trabalhado...

Consideramos que o foco na Gravitação permite várias relações importantes, muitas vezes ausentes no ensino de física: por um lado uma abordagem histórica permite que o passado comum da Ciência e da Filosofia seja resgatado; o caráter humano e social da Ciência pode ser abordado; o estudo do Sistema Solar leva a questões sobre sua formação, sua dinâmica atual, seu futuro... bem como a questões astronômicas mais gerais, que são sempre motivadoras; a Mecânica usualmente trabalhada na escola - Cinemática e Dinâmica - deve parecer mais significativa para os estudantes quando estudada dentro de um contexto totalizante.

Como foi concebida, tal atividade tem diversas finalidades: trabalhar a Ciência como realização humana; valorizar o conflito de

idéias e modelos na busca de descrições/explicações para os fenômenos naturais; evidenciar que o cotidiano que nos cerca está fortemente ligado com o objeto de estudo da Física; estimular uma postura crítica, bem como criar/estimular hábitos como a discussão e o questionamento; apresentar aos alunos os elementos essenciais para a compreensão do fenômeno das estações do ano.

Descrição da Atividade

Propusemos o problema do item seguinte para debate sobre o tema, com os estudantes sendo estimulados a refletirem e trazerem suas experiências de vida, para que fizessem a ligação entre a sala de aula e “a vida lá fora”. Além de habilidades e atitudes, também pretendíamos que os alunos se apropriassem do modelo hoje aceito e ainda conhecessem razões para refutarem o outro.

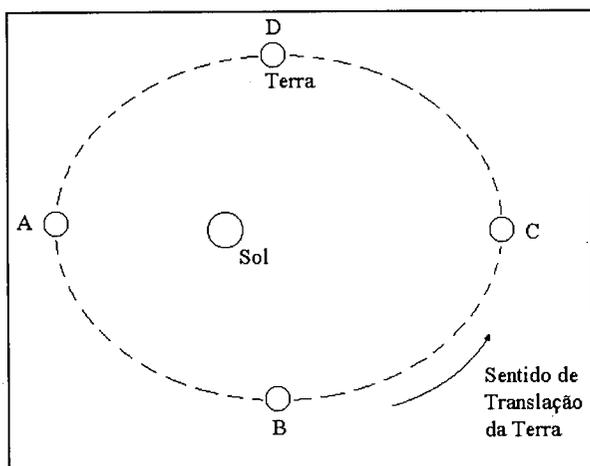
Agimos então da seguinte forma: apresentamos o problema aos estudantes, sugerindo que sentassem em duplas, e distribuimos o material que segue, pedindo que eles discutissem e respondessem a questão, tomando partido de um dos modelos. Durante os 15 minutos destinados a essa primeira discussão transitamos entre os grupos, colhendo elementos para a etapa seguinte. Recolhidas as respostas, a discussão foi aberta a toda a turma. Instigamos os alunos, servindo-nos das observações feitas enquanto estavam em dupla, a se manifestarem. Consideramos essencial que, caso não aparecessem na discussão, o professor poderia trazer elementos tanto para refutar o modelo I (alternância dos hemisférios...) quanto para aprofundar e “tornar intuitivo” o modelo II (variação do fotoperíodo, dependência com a latitude, horário de verão, sol da meia-noite, aquecimento crosta-atmosfera, energia absorvida por área...).

Problema

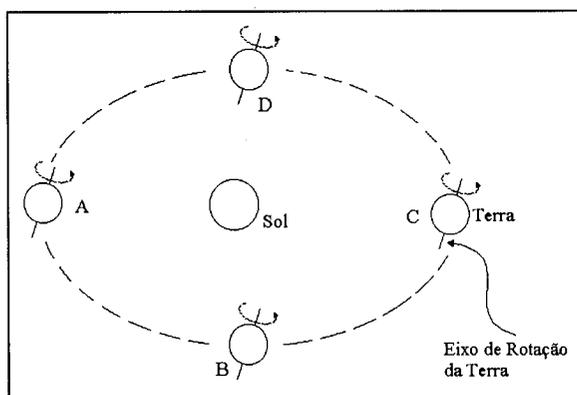
O problema que se segue foi resolvido por 21 alunos numa classe de 1º colegial, sentados em duplas (um aluno preferiu trabalhar sozinho):

“Apresentamos aqui duas explicações para as estações do ano. Em cada uma das figuras abaixo temos o modelo de translação da Terra. Nesse movimento a Terra orbita em torno do Sol formando uma elipse, que é quase uma circunferência, sendo levemente achatada, representada nas figuras pela linha pontilhada.

Qual dos dois modelos explica melhor a existência das estações do ano? Por quê?”



O modelo I explica as estações do ano usando a proximidade da Terra com relação ao Sol. No ponto A do desenho, a Terra está mais próxima do Sol (a uma distância de $1,47 \times 10^8$ Km), sendo, então, verão. No ponto C do desenho estamos mais longe do Sol (a cerca de $1,51 \times 10^8$ Km), sendo, por isso, inverno. Os pontos B e D, onde a distância Terra-Sol assume seu valor médio ($1,49 \times 10^8$ Km) representariam respectivamente o outono e a primavera.



O modelo II, para explicar a existência das estações do ano, envolve a translação e também o movimento de rotação da Terra em torno de um eixo. Estando esse eixo levemente inclinado com relação ao plano de órbita da Terra, numa certa época do ano (pontos A e C), mais luz proveniente do Sol incide sobre um hemisfério terrestre do que sobre o outro, resultando um maior aquecimento no primeiro (verão) e menor no segundo (inverno). Após seis meses ocorre o inverso, esquentando o hemisfério que estava frio e resfriando o que estava quente.

Resultados

Os estudantes se empenharam em resolver o problema e, também, a discussão foi acompanhada ativamente por grande parte dos alunos, apesar de uma certa timidez original.

Oito grupos escolheram o modelo II e três o I. No entanto, notamos que em três dos oito que escolheram o II há vestígios (escreveram em suas folhas e depois apagaram) de que haviam escolhido inicialmente o outro modelo. Isso talvez tenha sido proporcionado tanto pela necessidade de reflexão ao escreverem algo quanto pelo confronto de idéias diante da interação entre os pares. Pudemos perceber, também, diversos elementos nas justificativas dos alunos para a escolha dos modelos. Enquanto um grupo refutou o modelo I baseando-se em dados do “cotidiano” (quando é verão no hemisfério norte é inverno no sul) outro grupo aceitou aquele modelo simplesmente porque ele era “*mais fácil de entender*”. A lógica utilizada pelos alunos não é única e nem sempre é aquela que o professor imaginou de antemão que eles utilizariam.

É interessante notarmos que o grupo que refutou o modelo I, afirmando: “Porque quando é verão no hemisfério sul é inverno no hemisfério norte. Isso não aconteceria no quadro I, sem a inclinação da Terra”, era constituído por alunos que tinham desempenho apenas regular no curso e que com essa tarefa diferenciada apresentaram o melhor desempenho, inclusive na explicitação da resposta. Outros três grupos citaram a alternância dos hemisférios, mas com argumentações não tão explícitas (p. ex.: “A Terra gira em forma oval, isso permite a Terra gira em seu próprio eixo imaginário, isso acontece com que uma parte da Terra é quente em quanta a outra é inverno”). Dos quatro casos restantes, dois citaram a inclinação do eixo como fundamental, embora não apresentassem qualquer razão para isso; outro afirmou que o movimento é o mais importante, “... pois a Terra sempre está em movimento, em relação ao Sol. Isso resulta a mudança de temperatura ambiente, as estações.” O último grupo, embora tenha optado pelo modelo II, não apresentou qualquer justificativa.

Nos três grupos que optaram pelo modelo I, as suas justificativas também variaram: um grupo copiou literalmente parte da explicação (equivocada) fornecida; outro justificou tal escolha porque “*pelo desenho está mais fácil de se entender*”; e o outro disse que “*o modelo I explica melhor porque explica com maiores detalhes os movimentos da Terra e do Sol*”. Não sabemos se esse grupo realmente pensa isso ou se seus integrantes escreveram I pensando no modelo II. De qualquer modo, o que escreveram não constitui propriamente uma justificativa. Quanto ao interesse pelos tópicos tratados na discussão, alguns, como energia absorvida por área, não causaram impacto algum, talvez por exigirem alto grau de abstração; outros foram, aparentemente, bem assimilados como a variação da duração do dia e da noite, principalmente quando relacionado com o horário de verão, assunto do cotidiano atual dos alunos e um tema de natureza político/econômica. O tópico que obteve comentários mais vibrantes foi o efeito de altas latitudes. Os estudantes movimentavam as mãos tentando imaginar uma trajetória aparente do Sol na proximidade dos solstícios e mostraram-se verdadeiramente entusiasmados com a possibilidade do sol da meia noite.

Com a atividade realizada pudemos avaliar interesses e (des)conhecimentos dos alunos, além de seu envolvimento num trabalho, que fugiu da rotina nas aulas de Física - fazer exercícios de Cinemática. Pudemos vê-los refletindo e argumentando. Pelas dúvidas e pelo entusiasmo em alguns momentos, também consideramos que o tema foi adequado para esses alunos. No entanto, pelo pouco contato com eles após o trabalho realizado, não avaliamos até que ponto interferimos na sua maneira de pensar. Mas julgamos que no mínimo foi criada a disposição para o envolvimento com temas da mesma natureza.

Bibliografia

- FEYNMAN, Richard P. (1963) **The Feynman Lectures on Physics**. Addison-Wesley, California.
- GAMOW, George (1965) **Gravidade** Editora Universidade de Brasília, Brasília. cno 97, pp 42-53.
- MÁXIMO, A. & ALVARENGA, B. (1978) **Física**. Vol I, Editora Bernardo Alvarez S.A.
- PHYSICAL Science Study Committee (PSSC) (1966) **Física- Parte III** Centro de Publicações Técnicas da Aliança, São Paulo, pp. 49-68.
- PROJETO Física **Movimento nos Céus - Unidade 2**. Fundação Cauleste-Gulbenkian, Harvard.
- SNYDERS, Georges (1977) **Escola, Classe e Luta de Classes**. Lisboa, Moraes Editores.
- VYGOTSKY, Lev S. (1984) **A Formação Social da Mente**. Martin's Fontes. São Paulo, SP.
- ZANETIC, João (1988) Dos "Princípios" da Mecânica aos "Princípios" de Newton **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, 5 (número especial), jun/88, pp 23-35.

UMA ANÁLISE DAS NOVAS RECOMENDAÇÕES PARA O CÁLCULO DE INCERTEZAS EM MEDIÇÕES FÍSICAS

Roberto A. Stempniak (stempniak@prppg.unitau.br)
Departamento de Matemática e Física - Universidade de Taubaté
Rua Daniel Danelli s/n - CEP 12.060-440 Taubaté, SP

1. Introdução

Um dos grandes problemas em Ciência Experimental é aquele de se correlacionar resultados de medições feitas por diferentes laboratórios. Nem sempre se conhece, com facilidade, o significado dos valores atribuídos à incerteza da medição. Em razão disso, há muito tempo os órgãos normativos de metrologia a nível nacional e internacional vem se preocupando em uma uniformização na maneira de se representar o resultado de medições. Em 1977 o *Comité International des Poids et Mesures* solicitou ao *Bureau International des Poids e Mesures* um trabalho nesse sentido junto aos grandes laboratórios nacionais. O resultado de tal esforço culminou num primeiro documento elaborado pelo Grupo de Trabalho sobre a Especificação de Incertezas denominado INC-1 - Expressão de Incertezas Experimentais, editado em 1980. Esse estudo foi, então, encaminhado para a *ISO - International Organization for Standardization* que o ampliou num estudo subsequente, cujos resultados estão contidos no "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" cuja edição mais recente é de 1995 [1].

Esse documento vem sendo utilizado pelos grandes laboratórios e a comunidade técnico-científica já procura se ajustar às suas normas. Torna-se, pois, muito importante que o ensino de Física, onde geralmente o aluno é levado a ter o seu primeiro contato com medições, procure se atualizar a trabalhar não só os conceitos como também a nomenclatura. E, sobre a nomenclatura, temos que mencionar um segundo documento que deve ser levado em conta: o "Vocabulário Internacional de Metrologia"[2]. Esse vocabulário é a tradução feita pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) do documento original do BIPM, onde se procura uniformizar, também, as expressões utilizadas em metrologia.

Neste trabalho não desenvolveremos todo o conteúdo conceitual e formal da Teoria de Erros, que, felizmente, já começa a se ajustar às novas normas e em alguns livros e apostilas [3,4,5]. A nossa preocupação é trazer o assunto à discussão no contexto do ensino de Física fazendo uma comparação dos procedimentos chamados de tradicionais no laboratório de Física e as mudanças sugeridas pelo trabalho citado[1].

2. As Estimativas de Incertezas em Medições

Iniciaremos com as recomendações do INC-1 (1980) que começa por reconhecer que o resultado de uma medição compreende muitas componentes que podem ser agrupadas em duas categorias chamadas, respectivamente de categoria A e categoria B. As incertezas da categoria A são aquelas que são calculadas com auxílio de métodos estatísticos, enquanto que as incertezas do tipo B são aquelas cuja estimativa é feita por métodos que não envolvem observações repetidas.

A primeira vista pode parecer que se trata tão somente de se dar um nome diferente para o que se denominava, no passado, de incertezas aleatórias e incertezas sistemáticas. Mas não é assim. A Recomendação prossegue chamando a atenção justamente de que não existe uma correspondência simples entre as categorias A e B e incertezas aleatórias e sistemáticas utilizadas anteriormente, informando ainda que a expressão "incerteza sistemática" por ser suscetível de conduzir a erros de interpretação deve ser evitada.

Para eliminar dúvidas, o autor da medição, em seu relatório ou trabalho, deve especificar, com toda a clareza, quais as componentes que foram consideradas e como foram tratadas para se chegar ao resultado final da medição.

Vejamos, agora, resumidamente, como determinar cada categoria de incerteza e como elas se combinam para expressar a incerteza final.

Como estimar as incertezas do tipo A? Este é o caso mais simples: as incertezas do tipo A são estimadas a partir das variâncias estimadas com os respectivos graus de liberdade, o que nos permite obter "desvio padrão experimental". Do ponto de vista prático, para um conjunto de n valores obtidos em uma medição, na maioria dos casos, pode-se tomar o "desvio padrão experimental da média" que corresponde ao desvio padrão experimental dividido pela raiz quadrada de n . Naturalmente a interpretação desse cálculo depende, em última análise, do estudo da distribuição estatística de valores [3].

As incertezas do tipo B são obtidas a partir de critérios baseados em toda a informação possível a respeito da variabilidade do mensurando. Entre as componentes que podem estar incluídas na medição encontram-se: dados de medições feitas previamente, conhecimento das características do instrumento que foi utilizado, especificações do fabricante do instrumento, dados provenientes de calibração ou outros certificados, incertezas especificadas em tabelas de constantes físicas, livros de referência e outros [1]. Do ponto de vista prático pode-se considerar como incerteza do tipo B o chamado *erro sistemático residual*, conforme recomenda J.H. Vuolo [3] que é avaliado da seguinte forma: verificam-se todas as correções possíveis devido a erros de calibração ou outros. Sempre resta, porém, um algum erro sistemático para o qual não é possível (ou não é conveniente do ponto de vista prático) fazer outras correções. Esse erro residual vai se constituir

na incerteza do tipo B. Um exemplo de tal tipo de erro está ligado a erros de leitura determinados pela limitação da divisão de uma escala num instrumento analógico, outro é aquele em que se faz uma medida com um instrumento cuja calibração tem uma dada tolerância dada pelo fabricante ou, ainda, a informação de um certificado de calibração fornecido por um laboratório de metrologia. De qualquer forma a incerteza do tipo B é mais difícil de se avaliar e depende muito da habilidade do operador em definir com segurança os fatores que entram no processo de medição.

Como combinar as incertezas do tipo A e do tipo B? As incertezas do tipo B, embora não calculadas por meios estatísticos são interpretadas como sendo equivalentes a variâncias estatísticas. O resultado final será obtido aplicando-se aos dois tipos de incertezas as regras de propagação de incertezas. Se a incerteza do tipo A pode ser representada por σ_A e a incerteza do tipo B por σ_B , então a incerteza final será dada por:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2} \quad (1)$$

Eventualmente, dependendo da particular aplicação, pode ser necessário multiplicar a incerteza final por um dado fator para obter uma dada confiança.

No caso em que o mensurando seja obtido a partir de medições indiretas de várias grandezas, a incerteza combinada do valor do mensurando será dada pelas regras usuais de propagação de incertezas.

3. O Vocabulário

O Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) [2] define os termos que devem ser utilizados nos processos de medição. Há algumas diferenças nas expressões utilizadas nos textos de Física, ainda em uso. Vejamos algumas delas:

medição : conjunto de operações que tem por objetivo determinar um valor de uma grandeza.

Devemos notar que esta palavra é a que se empregava usualmente para medida (como uma tradução de *measurement*, do inglês, ou de *mesurage*, do francês).

mensurando : grandeza específica submetida à medição. Trata-se do objeto da medição. Por exemplo: resistência elétrica de um condutor.

resultado de uma medição : valor atribuído a um mensurando obtido por medição.

incerteza de medição: parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão de valores que podem ser fundamentadamente atribuídos a um mensurando.

Há muitos outros termos que agora tem um significado uniformizado. É o caso, por exemplo, de “desvio padrão experimental” que antes era denominado em muitos livros como simplesmente “desvio padrão” e o “desvio padrão experimental da média” que era chamado de

“desvio padrão da média” e muitos outros que o leitor interessado deve procurar se inteirar na leitura da referência 2.

4. Conclusão

Neste trabalho procuramos tão somente chamar a atenção para algumas das modificações e uniformizações que estão ocorrendo no mundo das medições físicas. Cabe aos professores em geral e, em especial os professores de Física, a tarefa de trazer essas modificações para a sala-de-aula pois elas são parte de um processo mais amplo denominado de globalização.

Referências

- 1) ISO e outros - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement - ISO, Suíça, 1995.
- 2) - INMETRO - Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), INMETRO, Xerém, 1995.
- 3) VUOLO, J.H. - Fundamentos da Teoria de Erros, 2a. Ed., Edgard Blucher, São Paulo, 1996.
- 4) VUOLO, J.H. - Complementos de Física Experimental, Instituto de Física da USP, São, Paulo, 1994.
- 5) STEMPNIAK, R.A. - Noções Básicas sobre Medições Físicas, Centro Técnico Aeroespacial (C.T.A), São José dos Campos, 1996.

ABORDAGEM DA FÍSICA NÃO LINEAR ATRAVÉS DE UM OSCILADOR MECÂNICO

Klaus Weltner, Sérgio Esperidião, Roberto Andrade

Instituto de Física da UFBA - Rua Caetano Moura, 123 - Federação Campús Universitário de Ondina
CEP 40210-340 - Salvador - Bahia Universität Frankfurt (Alemanha)*

Resumo

Pêndulo gravitacional, oscilações harmônicas, amortecidas e forçadas são assuntos tratados nos cursos iniciais de Física trazendo vantagens para o aluno abordar a física não-linear começando com estes fenômenos conhecidos. Mostramos como se pode obter através de um pêndulo gravitacional dois modos das oscilações pertencentes à região de maior amplitude, e, o trânsito para o caos. Usando o mesmo pêndulo como oscilador e trocando a força restauradora da gravitação por molas num arranjo não-linear é possível demonstrar três até cinco modos de oscilações estáveis, cada um com uma amplitude diferente e uma fase diferente. O arranjo experimental é de fácil reprodução e seu custo é baixo.

I. Introdução

A física clássica se limitou durante muito tempo às aproximações lineares devido às dificuldades enfrentadas na solução das equações não-lineares. No caso do pêndulo gravitacional a aproximação linear da sua força restauradora restringiu a sua análise às pequenas oscilações. Para amplitudes maiores as soluções só serão encontradas mediante a resolução das integrais elípticas devido à não-linearidade da força restauradora. Isso requer conhecimentos profundos de matemática. E por causa disso estas oscilações foram negligenciadas no ensino de física nas escolas e nos cursos básicos da universidade. A partir do surgimento dos computadores aumentaram-se as possibilidades de tratar numericamente equações não-lineares, e em particular as equações diferenciais não-lineares. A pesquisa no campo dos fenômenos não-lineares avançou muito rápido e continua mesmo hoje em franco desenvolvimento. Uma vez que o ensino de física deve pelo menos discutir os problemas e resultados da física contemporânea, a física dos fenômenos não-lineares torna-se um tópico imprescindível do ensino.

A abordagem que propomos começa com a repetição das oscilações forçadas de um pêndulo linear. Este tópico é fundamental na mecânica, na óptica, na eletrodinâmica, na termologia e até na física atômica. Por causa disso são comumente bem tratados teórico, e às vezes, experimentalmente. Quando trocamos o pêndulo linear por um pêndulo gravitacional entra em ação uma força restauradora não-linear. A consequência disso é um efeito com uma nova qualidade. Com a mesma força excitadora o pêndulo pode oscilar em duas formas ou modo bem

diferentes. Um modo de oscilação está em fase e com menor amplitude e um outro modo de oscilação está em antifase e com maior amplitude. Este é o fenômeno da biestabilidade. A demonstração deste efeito é muito nítida, principalmente se forem usados dois pêndulos iguais, um oscilando num modo e o outro oscilando no outro modo, ambos excitados pela mesma força externa. Além disso pode-se mostrar com o mesmo arranjo experimental a transição ao regime de caos se as amplitudes ultrapassam certos limites.

Se continuarmos a usar forças restauradoras não-lineares de tipos diferentes, podemos atingir experimentalmente novos modos de oscilações, diferentes dos dois acima citados. Uma virtude desta abordagem é que todos os fenômenos podem ser observados facilmente em classe.

2. Arranjo experimental

A figura 1 mostra o nosso arranjo experimental que já foi descrito em detalhes num outro trabalho [2]. O pêndulo usado é um pêndulo rotacional, feito de uma haste leve que pode ser de alumínio, de madeira ou de acrílico (comprimento 25 cm, peso 50g), montado num eixo (raio de bicicleta) e preso a um suporte que lhe permite girar. A força excitadora é gerada por um motor de um limpador de pára-brisa, alimentado por uma bateria. A frequência do motor é regulada por um potenciômetro. O valor da força é regulado pelo tamanho do braço da manivela.

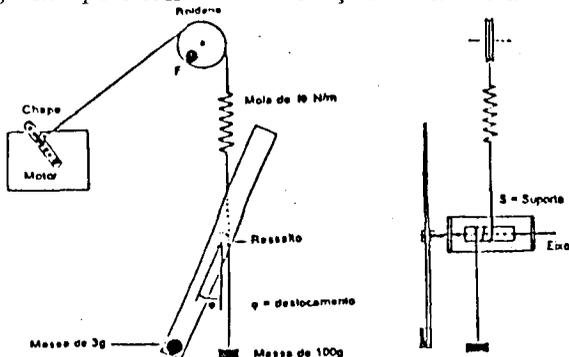


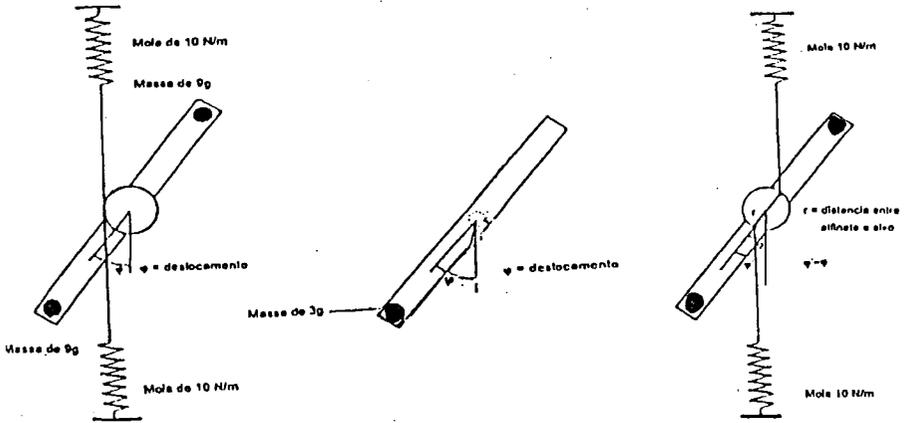
Figura 1 - Arranjo experimental visto de frente e de lado

O acoplamento da força externa ao pêndulo rotacional é feito mediante o uso de um fio e uma mola com o pêndulo gerando um toque excitador. O eixo do pêndulo é aumentado, enrolando várias voltas de fita adesiva em torno dele ou aplicando um tubo de acrílico acima do raio (diâmetro 0,6 - 0,8 cm). O fio faz duas voltas. Um peso ($m = 50g - 100g$) no lado baixo proporciona uma certa tensão para o fio não deslizar.

A figura 2 mostra três torques restauradores:

- a) a) um torque restaurador linear devido a duas molas acopladas mediante um fio, que faz uma volta em torno de uma roda no centro da haste;

- b) um torque não-linear devido a força gravitacional de um peso (10g ou três moedas de 5 centavos) fixo a uma extremidade da haste do pêndulo;
- c) um pêndulo especial não-linear devido a duas molas, cada uma presa por um fio à roda do centro da haste.



a) pêndulo linear b) pêndulo gravitacional c) pêndulo especial
 Figura 2 - Pêndulos usados

A figura 3 mostra os torques restauradores em função de deslocamento.

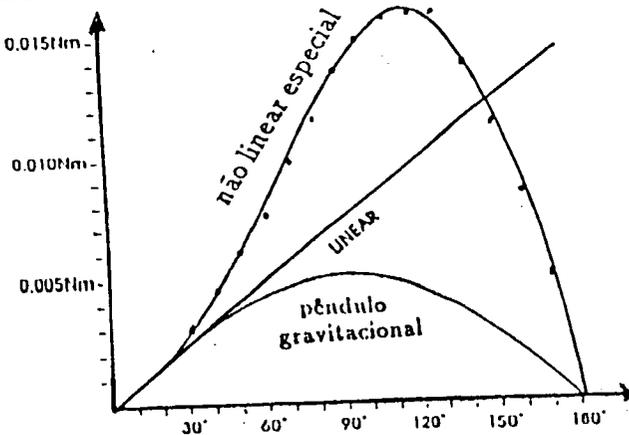


Figura 3 - Torques restauradores dos três pêndulos da figura 2.

3. Experimentos

3.1. Pêndulo linear

Mediante o uso do pêndulo linear pode-se mostrar o comportamento das oscilações forçadas. A figura 4 mostra a amplitude em função da

freqüência. Em torno da freqüência natural existe um máximo das amplitudes - a ressonância.

Como as freqüências são baixas pode-se observar bem as fases entre excitação e oscilação, durante todo o experimento.

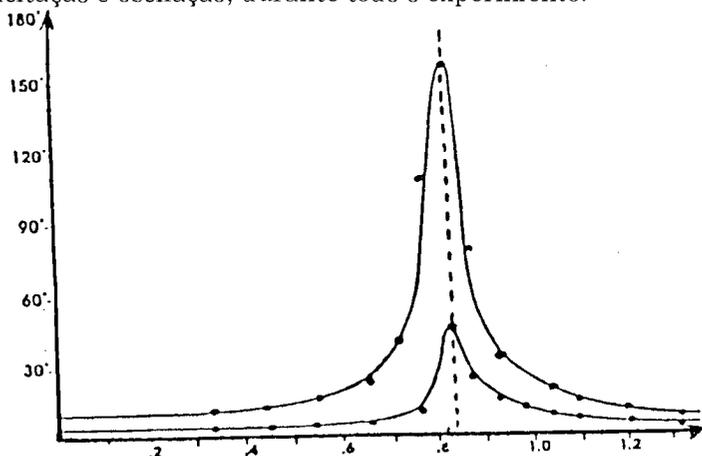


Figura 4 - Pêndulo linear - Amplitude em função da freqüência excitador. Dois torques: (braço do motor 1 cm e 3 cm) Freqüência natural em função da amplitude é tracejada

3.2. Oscilações forçadas dos pêndulos não-lineares

3.2.1. Pêndulo gravitacional

A figura 5 mostra as amplitudes das oscilações forçadas. Com um torque pequeno (braço do motor: 1 cm) obtêm-se a curva A que é bem parecida à do pêndulo linear. Com torques maiores (braço do motor: 3 cm) observa-se um novo fenômeno representado pela curva B. A freqüência natural do pêndulo gravitacional não é constante. Esta freqüência natural diminui com amplitudes maiores como mostra a figura 5. Então a curva da ressonância está perto desta freqüência natural e por isso tem a forma da curva B. O trecho pontilhado da curva representa modos instáveis que não são observados. Veja a referência [2].

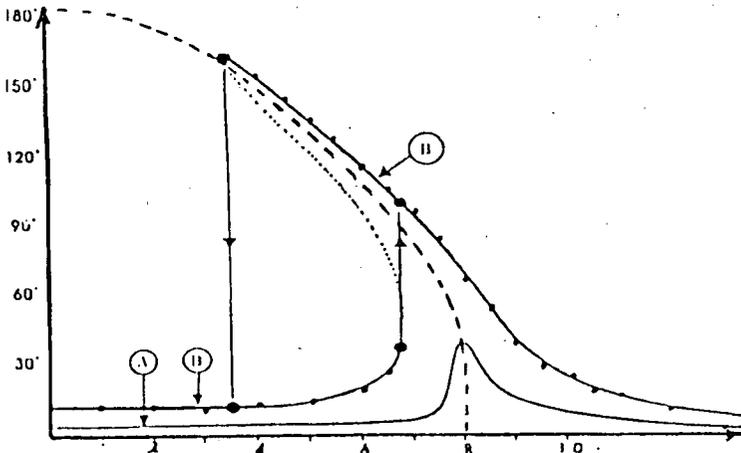


Figura 5 - Pêndulo gravitacional. Amplitude em função da frequência excitador.
Curva tracejada: frequência natural.

Existem frequências que, no nosso caso estão entre 0,35 Hz e 0,65 Hz, onde existem dois modos de oscilações forçadas. É impressionante observar dois pêndulos iguais com o mesmo torque excitador oscilarem em modos diferentes - com amplitudes diferentes e com fases diferentes.

Experimentalmente atinge-se a oscilação em fase começando a varredura das frequências com frequências baixas. Atinge-se a oscilação em antifase começando a varredura com frequências altas.

Existe uma alternativa melhor para atingir e mudar os modos de oscilações. Basta segurar o pêndulo na posição de amplitude máxima da oscilação desejada e abandonar o pêndulo para oscilar em fase ou em antifase.

3.2.2. Transição para o regime de caos

Se o torque excitador for aumentado significativamente, pode-se atingir o regime de caos nas frequências da biestabilidade. Neste caso os pêndulos podem atingir a amplitude de 180° e cair na direção oposta. Assim começam oscilações irregulares.

Pode-se observar, para uma dada força externa, um movimento bem definido e regular dos dois pêndulos. Aumentando a força externa percebe-se uma quebra da referida regularidade. Cada um dos pêndulos passa a se movimentar irregular e diferentemente do outro.

3.3. Pêndulo não-linear especial

A curva da amplitude em função da frequência do pêndulo com um torque restaurador como mostra a figura 2-c é mais complicada ainda. A figura 6 mostra a frequência natural e a curva da ressonância em torno dela. Neste caso existem até três modos estáveis para as oscilações forçadas. Na demonstração com dois pêndulos pode-se mostrar como é que cada pêndulo pode oscilar em certo modo independente do

comportamento do outro pêndulo. Para iniciar um modo desejado segura-se o pêndulo na posição de amplitude máxima desta oscilação e lança-se o pêndulo na fase adequada. As oscilações em antifase têm a mínima e a máxima amplitude. Ambas as oscilações pertencem ao mesmo lado da curva da ressonância.

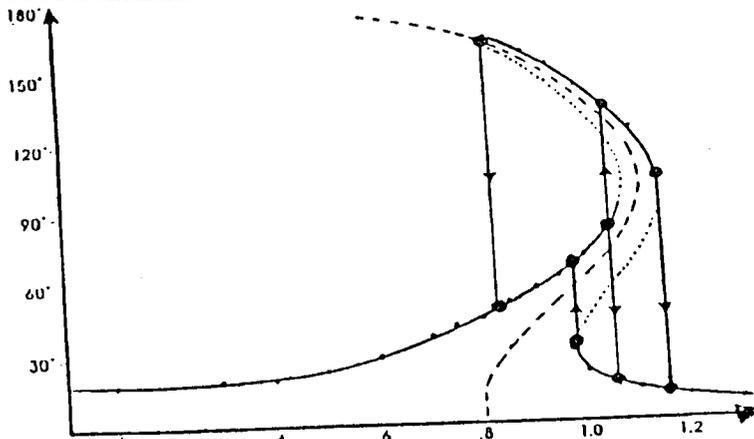


Figura 6 - Pêndulo especial (veja as figuras 2 e 3)

Amplitude em função da frequência excitadora Curva tracejada: frequência natural

4. Resumo

Mediante o uso de um pêndulo rotacional cujos torques restauradores têm propriedades lineares e não-lineares pode-se mostrar novos efeitos como a biestabilidade a transição para o regime de caos e a triestabilidade. Estes efeitos são característicos da física não-linear. São encontrados na ótica, nas oscilações dos circuitos elétricos, na física da matéria condensada. A vantagem desta abordagem é o fato, de que tudo pode ser bem observado, até as fases. E todos os efeitos podem ser entendidos. Esta extensão do pêndulo mecânico conduz mansamente o aluno, da física clássica para um ramo da física contemporânea.

Agradecemos a ajuda do GfZ (Gesellschaft fuer technische Zusammenarbeit - Alemanha)

Referências

1. Weltner, K.; Esperidião, A.S.C.; Andrade, R.F.S.; Guedes, B.P.; "Demonstrating different forms of the bent tuning curve with a mechanical oscillator". American Journal of physics Vol 62 (21) 1994, - páginas 56-59.
2. Weltner, K.; Esperidião, A.S.C.; Andrade, R.F.S.: "Uma abordagem da física não-linear através de um oscilador mecânico." Revista Brasileira de Ensino de Física, 1995 vol (1) páginas 11-20.

UMA ANÁLISE DE PROPOSTAS DE ENSINO DE 2º GRAU ATRAVÉS DA ESTRUTURA CONCEITUAL DO ELETROMAGNETISMO

Sandra Del Carlo¹; Maria Inês Nobre Ota², Yassuko Hosoume³
1-IF/FE - USP; 2-Dep. de Física - Univ. Est. de Londrina; 3-Inst. de Física - USP

Introdução

Neste trabalho são analisadas duas propostas de ensino de eletromagnetismo para o segundo grau. Para isto é tomado como referência o objeto (de objetivo) que se pretende ensinar, ou seja, o próprio conteúdo. Para ser objeto de análise, este conteúdo é transformado em objeto (de "coisa") e apresentado através de um mapa conceitual que representa a estrutura da teoria. Através do mapa é possível "ver" a teoria e essa visão desempenha um papel fundamental, pois a ela está associada um modo de pensar que pode ser classificado de consciente e racional. É neste tipo de consciência que nos apoiamos para analisar as duas propostas de ensino.

Estrutura Conceitual do Eletromagnetismo

Os instrumentos que a física utiliza para conhecer o mundo material são as suas teorias. Uma teoria envolve um conjunto de elementos e relações e é um tipo de conhecimento que possui uma estrutura. Esta estrutura incorpora uma determinada forma de conceber a natureza que denominamos por visão de mundo. É a visão de mundo que determina as relações entre os elementos de cada teoria.

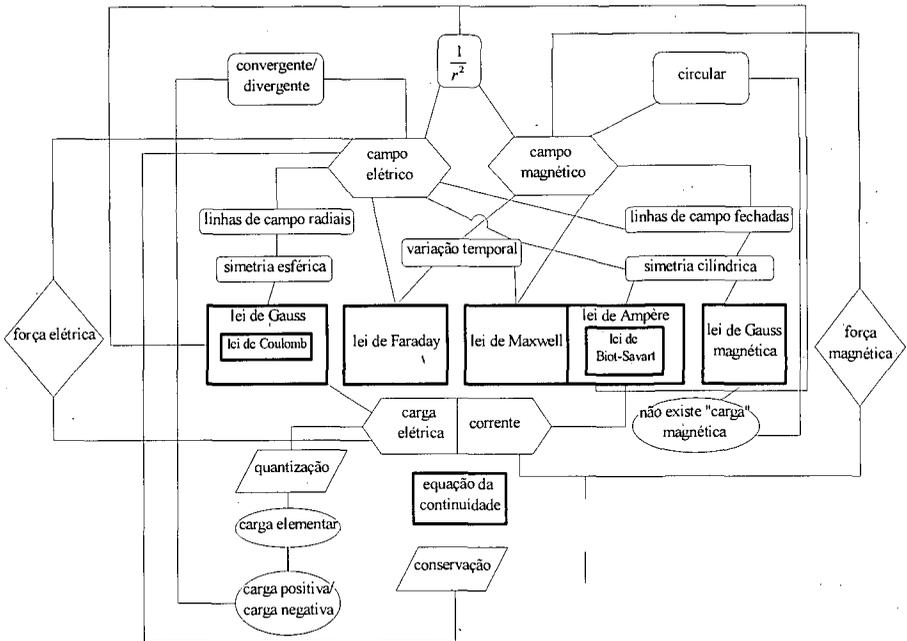
As estruturas das teorias são "não materiais" e portanto, nosso acesso a elas acontece de maneira indireta, através de livros e dos discursos de pessoas que a conhecem. Mas, esta forma de acesso às teorias é normalmente fragmentada, pois trata-se da transmissão linear de algo que possui estrutura multidimensional:

Entretanto, uma estrutura é uma representação espacial da teoria que permite um desenho e este é denominado por **mapa conceitual**. Ele evidencia a existência de relações sincrônicas e estáveis no interior da estrutura. Através do mapa conceitual é possível apreender o conjunto de relações que constitui o esqueleto estrutural da teoria. Um mapa representa "*tudo, ao mesmo tempo e agora*"*, isto é, a totalidade dos elementos da teoria, relações simultâneas e um recorte temporal, ou seja, como a teoria é concebida num dado momento.

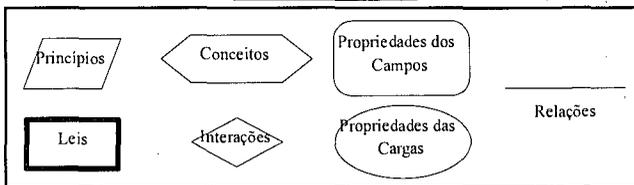
A construção de um mapa conceitual implica necessariamente no conhecimento de cada uma de suas partes e, ao mesmo tempo, na percepção de como estas encontram-se relacionadas ao todo.

* Extraído da música dos Titãs cuja letra é de Arnaldo Antunes.

Para elaborar o mapa conceitual da teoria eletromagnética que se encontra a seguir, realizou-se muitas discussões e foram utilizados alguns livros-texto de terceiro grau, como, por exemplo: "Curso de Física de Berkeley - Volume 2 - Eletricidade e Magnetismo" de Edward M. Purcell⁽¹⁾ e "The Feynman Lectures in Physics - Vol.II" de Richard P. Feynman⁽²⁾, além de algumas apostilas utilizadas em cursos de eletromagnetismo⁽³⁾ da Universidade de São Paulo.

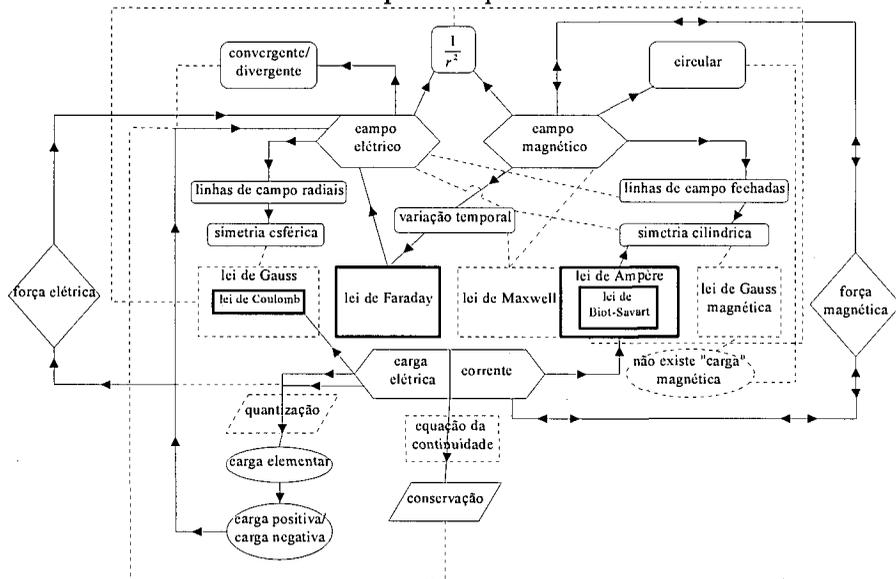


Legenda do Mapa

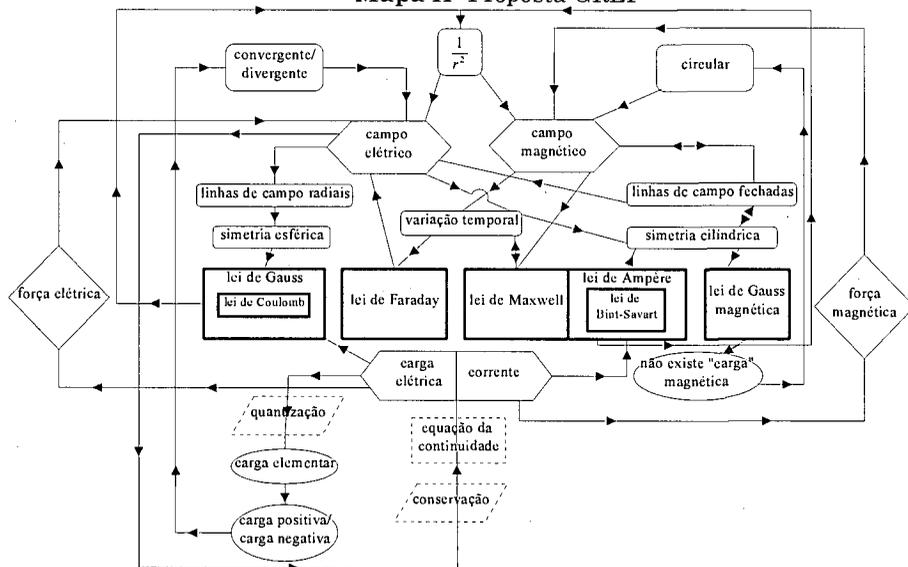


Conforme encontra-se representado na legenda, neste mapa há princípios, leis e conceitos fundamentais do eletromagnetismo, além das interações e propriedades relacionadas aos conceitos e as relações entre os elementos da estrutura. Este mapa apresenta uma simetria em relação a um eixo imaginário vertical (não representado) que separa as leis referentes à criação dos dois campos e às características dos campos estáticos: o lado esquerdo relaciona-se ao campo elétrico e o lado direito, ao campo magnético. Simultaneamente, ele também apresenta em seu

Mapa I- Proposta Ramalho



Mapa II- Proposta GREF



Considerações sobre as Duas Propostas

A quantidade de leis fundamentais que fazem parte de cada proposta mostra que enquanto no *GREF* todas as quatro leis fundamentais do eletromagnetismo são desenvolvidas, no *Ramalho* apenas três dessas leis aparecem: a lei de Faraday; a lei de Ampère separadamente da lei de Maxwell e a lei de Gauss apenas através de um

caso particular, a lei de Coulomb. Estas duas últimas só são abordadas estaticamente.

Comparando as linhas em cada proposta, verifica-se que a seqüência apresentada no *Ramalho* não se constitui em caminhos fechados, trata-se de uma apresentação linearizada da teoria. As várias seqüências apresentadas no *GRAF* constituem-se em caminhos que se fecham o que possibilita a percepção de como os elementos estão relacionados na estrutura. No *Ramalho* passa-se apenas uma vez por cada um dos elementos, como por exemplo: carga→força→campo elétrico independente de campo elétrico→ $\frac{1}{r^2}$. Enquanto no *GRAF*, há diversas passagens pelo mesmo elemento, através de caminhos diferentes, como por exemplo: carga→força→campo elétrico e dependente de lei de Gauss→ $\frac{1}{r^2}$ →campo elétrico. Estas duas características são coerentes pelo tipo de abordagem do conteúdo de cada uma das propostas. O *Ramalho* caracteriza-se por apresentar o conteúdo da teoria através de definições por isso, há apenas um caminho para cada uma delas. No *GRAF* não há definições, os conceitos são construídos ao longo da proposta e são abstraídos da interseção de vários caminhos dentro da estrutura.

As diferenças entre estas duas formas de apresentação do eletromagnetismo são compatíveis com o enfoque metodológico das duas propostas. O *Ramalho* adota uma metodologia onde os elementos da teoria devem ser apresentados em ordem crescente de complexidade, entendendo-se por complexo aquilo que é composto por vários elementos. Já o *GRAF* considera que o ponto de partida para a apresentação da teoria é o cotidiano vivido pelos estudantes e então, utiliza aparelhos presentes no dia a dia e discute o seu funcionamento que envolve simultaneamente várias relações da estrutura conceitual. O cotidiano garante a apresentação da estrutura em sua totalidade, pois a teoria nada mais é que a sistematização do conhecimento e portanto, sobre o cotidiano também.

Bibliografia

(1) Purcell, Edward M. - **Curso de Física de Berkeley - vol.2 - Eletricidade e Magnetismo**; Ed. Edgard Blücher Ltda.; São Paulo; 1973.

(2) Feynman, Richard P.; Leighton, Robert B.; Sands, Matthew - **The Feynman Lectures in Physics - vol.II**; Addison-Wesley Publishing Company; MA; USA; 1964.

(3) Robilotta, Manoel R.; Goldman, Carla; Lopes, Eliana - "Um Pouco de Luz na Lei de Gauss"; Revista de Ensino de Física, vol.3, nº 3, Set./1981.

(4) Ramalho Junior, Francisco; Cardoso dos Santos, José Ivan; Ferraro, Nicolau Gilberto; Toledo Soares, Paulo Antônio de - **Os Fundamentos da Física 3 - Eletricidade**; Ed. Moderna; São Paulo; 1986.

(5) GRAF - **Física 3 - Eletromagnetismo**; EDUSP; São Paulo; 1993.

(6) Ota, Maria Inês N. - “**Estrutura Conceitual do Eletromagnetismo**”; Revista Pro-Posições, vol.7, nº 1(19), 67-75p., Mar./1996.

(7) Del Carlo, Sandra - “**Aprendizagem de um Visão Unificada de Eletricidade: uma abordagem do Projeto GRAF**”; Memorial para Exame de Qualificação na Área de Ensino de Ciências (Modalidade: Física); IFUSP/FEUSP; São Paulo; 1995

CONCEPÇÕES PRÉVIAS, LINGUAGEM E LIVROS DIDÁTICOS: IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

Lucillana de Moraes Silveira¹, Eduardo Adolfo Terrazzan²

1 - Curso de Licenciatura em Física - UFSM/Bolsista de Iniciação Científica FAPERGS/RS

2 - Centro de Educação, Depto. de Metodologia do Ensino - UFSM/Professor Orientador

Introdução

Acompanhando as publicações da área Ensino de Ciências, observa-se que a produção de trabalhos sobre o papel da linguagem no ensino de Ciências Naturais vem crescendo ao longo dos últimos anos. Constatam-se um particular interesse no estudo e investigação sobre o uso de analogias e metáforas como recursos didáticos.

Embora trate-se de um recurso praticamente aceito como legítimo na construção do conhecimento, em muitos trabalhos, encontram-se posições completamente opostas a respeito da validade da sua utilização em sala de aula.

O recurso às analogias propicia uma primeira aproximação com uma teoria científica, onde elas funcionam como uma espécie de ponte racional entre o conhecido e o desconhecido. Pode-se dizer que as analogias, são o primeiro passo para o estabelecimento de um modelo científico.

Portanto, torna-se imprescindível termos uma visão clara quanto ao seu emprego e à sua eficácia como um recurso didático, para aulas de Ciências Naturais.

Centramos, então, nossa atenção as possibilidades das analogias sugerirem ou reforçarem falsas associações entre conhecimentos já existentes e o conhecimento novo a ser construído, levando os estudantes a desenvolverem conceitos equivocados.

Realizamos uma análise sobre o emprego de analogias, nos livros didáticos de ensino médio, procurando avaliar em que momentos apresentam-se com um potencial positivo para o ensino e em que momentos contribuem para o reforço de concepções prévias nos alunos.

Escopo do estudo

O presente estudo tem por objetivo o desenvolvimento de análise qualitativa e quantitativa do emprego de analogias, como forma de apresentação de conceitos científicos de Física, nos livros didáticos de nível médio mais utilizados no município de Santa Maria/RS, utilizando como base teórica a literatura específica acerca deste tema e como ponto de partida os resultados provenientes de projeto de pesquisa anterior, relativo a temática de concepções alternativas.

Desenvolvimento

Este trabalho iniciou-se a partir de experiência adquirida em trabalho anterior de iniciação científica, no qual analisamos as apresentações de conceitos e/ou modelos científicos em livros didáticos de nível médio. Nossa preocupação era a identificação, e posterior análise, de apresentações que pudessem contribuir para o reforço ou mesmo a formação de concepções alternativas nos alunos.

No presente estudo, estamos interessados em investigar a utilização de analogias como instrumentos/recursos efetivos na construção (aprendizagem) de conceitos científicos.

Através de questionários específicos aplicados aos professores da disciplina de Física no ensino médio do município e, aos professores do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Maria, obtivemos, no referido trabalho anterior, entre outras informações, os seguintes dados:

- os conceitos considerados mais importantes para serem ensinados no nível médio de ensino, no entendimento destes dois grupos de profissionais.
- os principais livros utilizados como texto didático no ensino médio de Santa Maria/RS

Assim, os temas e os livros a serem investigados foram selecionados a partir destas informações.

Porém, diante da diversidade de temas optamos pela escolha de um tema para cada série correspondente ao nível médio de ensino, de maneira a tornar a seleção mais representativa. Escolhemos o tema “Força e Movimento”, referente à 1ª série, o tema “Calor e Temperatura”, referente à 2ª série e o tema “Circuitos Elétricos” referente à 3ª série.

Dentre os livros didáticos, os selecionados para análise foram: Fundamentos da Física - Ramalho, Ivan, Nicolau e Toledo, volumes 1, 2 e 3; Física - Bonjorno/Clinton, volumes 1, 2 e 3; Curso de Física - Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo, volumes 1, 2 e 3.

Para o desenvolvimento, propriamente dito, do estudo das analogias determinamos algumas etapas básicas, a saber:

1. Levantamento bibliográfico de publicações sobre a utilização de metáforas e analogias no ensino, principalmente na área das Ciências Naturais.
2. Estudo das publicações selecionadas.
3. Definição de parâmetros para a análise do emprego de analogias em livros didáticos de ensino médio.
4. Análise prévia dos livros didáticos selecionados para a identificação do emprego de analogias nos textos.
5. Análise das analogias presentes nos livros didáticos analisados, sob o aspecto da sua potencialidade como recurso didático.
6. Discussão, com a equipe de trabalho, a respeito das conclusões obtidas na análise realizada.

Alguns resultados obtidos

Foi possível constatar um maior índice de utilização de analogias no tratamento do tema Circuitos Elétricos e a quase nula utilização deste recurso didático no tratamento dos dois primeiros temas citados.

No desenvolvimento do tema Circuitos Elétricos, verificamos que os textos costumam utilizar analogias com circuitos hidráulicos.

Os autores dos textos consultados utilizam-se deste tipo de analogia de forma bastante simplificada, fazendo supor que para eles a transposição dos conceitos presentes no análogo para o modelo-alvo seja uma tarefa fácil. No entanto a comparação do modelo científico ensinado, com o seu análogo, permite notar que nem todos os componentes presentes em ambos se equívalem em função. Esta característica importante, não é especificada, na maioria dos casos, pelos autores já que eles se utilizam de "partes" dos circuitos para desenvolver determinados conceitos a serem discutidos neste momento específico do desenvolvimento do tema. Assim, as explicações fornecidas nos textos ignoram certos elementos integrantes dos análogos, apresentados nas próprias figuras, e que tornam-se fatores que dificultam a compreensão da relação analógica. Isto por exemplo ocorre em um dos livros didáticos analisados onde se deseja explicar o funcionamento da bateria num circuito elétrico composto por uma bateria, fios condutores e um motor. O texto de Beatriz Alvarenga (p.762) utiliza neste caso como análogo, um circuito hidráulico composto por tubulação, uma bomba d'água, um reservatório de água e uma roda d'água (em anexo). Não se discute a influência do reservatório no funcionamento do circuito, nem que caso se deseje uma vazão de saída igual a de entrada é necessário que o reservatório seja mantido com água sempre em um determinado nível.

Constatamos também que em alguns casos os autores ao se utilizarem de uma analogia como recurso para compreensão de um conceito científico, fazem isto de forma inadequada e incompleta, apresentando-a como final de um processo de estabelecimento de uma definição, sem o devido retorno ao conceito a ser estudado e sem procurar discutir as semelhanças e diferenças entre as duas situações. Observamos este fato no texto de Bonjorno/Clinton (p.120) onde ao discutir a 2ª lei de Ohm, utiliza-se da analogia de um cano por onde passa a água (em anexo). Porém, o autor encerra o item sem fazer qualquer menção ao comportamento microscópico da corrente elétrica e sem retornar a lei que se propunha explicar.

Bibliografia

- ARRUDA, S.M.; (1993). 'Metáforas na física'. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis/BRA, UFSC, 10(1), 25-37.
- ABRANTES, P.C.C.; (1993). *Epistemologia e cognição*. Brasília/BRA: Editora Universidade de Brasília.

- BLACK, M.; (1986). *Modelos y metáforas*. Madrid/ESP: Editora Tecnos.
- CLEMENT, J.; (1988). 'Observed methods for generating analogies in scientific problem solving'. In: *Cognitive Science*.
- DAGHER, Z.R.; (1995). 'Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education'. In: *Science Education*, Pittsburgh/USA, UP/John Wiley, 79(3), 295-312.
- DRIVER, R.; GUESNE, E. e TIBERGHEN, A.; (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, Ediciones Morata.
- DUIT, R.; (1991). 'On the role of analogies and metaphors in learning science'. In: *Science Education*, Pittsburgh/USA, UP/John Wiley, 75(6), 649-672.
- DUPIN, J.J. y JOSHUA, S.; (1990). 'Una analogía térmica para la enseñanza de la corriente continua en electricidad: descripción y evaluación'. In: *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona/Valencia/ESP, UAB/UV, 8(2), 119-126.
- MACHADO, N.J.; (1995). *Epistemologia e Didática, as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente*. São Paulo/BRA: Cortez Editora.
- SANTOS, M.E.; (1991). *Mudança conceptual na sala de aula - Um desafio pedagógico*. Lisboa, Livros Horizonte.
- TERRAZZAN, E.A.; (1994). *Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média*. São Paulo/BRA: Tese de Doutorado (anexo 02: Breve estudo sobre alguns resultados da utilização de analogias e metáforas no ensino de ciências), Faculdade de Educação da USP.

COMO, QUANDO E O QUE SE LÊ EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Henrique César da Silva
· Maria José P. M. de Almeida
Faculdade de Educação - UNICAMP

Esta apresentação tem a finalidade de caracterizar a leitura na mediação do conteúdo de física numa classe de 2o grau.

Nosso objetivo com a pesquisa, da qual essa caracterização é o início, é estabelecer subsídios para o uso adequado de textos alternativos ao livro didático, e mesmo do próprio livro didático em aulas de física. A busca desses subsídios passa pela tentativa de compreensão dos processos de leitura que efetivamente ocorrem no cotidiano escolar do ensino da física. Só com essa compreensão poderemos pensar em processos de intervenção na escola, buscando, então, contribuir para a autonomia do aluno frente à construção de seu conhecimento e aprimoramento de sua cultura.

"Bom leitor, o estudante continuará mais tarde, já fora da escola, a buscar informações necessárias à vida de um cidadão, a checar notícias, a estudar, a se aprofundar num tema, ou, simplesmente, a se dedicar à leitura pelo prazer de ler." (Ricon & Almeida, 1991)

Algumas Noções Teóricas

Consideramos que nos processos de leitura, os sentidos de partes do texto dependem de uma visão geral do texto e vice-versa, num processo onde a totalidade transcende os "limites" do texto enquanto objeto acabado, apontando para as relações deste com outros textos, que podem ser estabelecidas pelo sujeito-leitor.

Segundo trabalhos de Orlandi (1983, 1987, 1988) e Geraldi (1991), dentro do campo da análise de discurso, leitura é um processo de produção/atribuição de sentidos a um texto que se dá sob determinadas condições, ou seja, os sentidos produzidos dependem do texto, do sujeito que o lê e do contexto histórico-social, configurando as chamadas **condições de produção da leitura**.

A noção **processo x produto**, elaborada a partir da leitura de trabalhos de Kuhn (1982, 1985), denota dois aspectos relacionados à maneira como o conhecimento científico pode ser apresentado/representado aos/pelos alunos e trabalhado no ensino: enquanto produto, acabado, formalizado, aparecendo na forma de resultados, ou enquanto processo, levando-se em consideração aspectos históricos, sociais e epistemológicos de sua construção, apresentado como provisório, inacabado e em constante mudança.

A noção **fragmento x totalidade**, elaborada a partir da leitura de Robilotta & Babichak (1996) e de trabalhos de Orlandi (1983, 1987, 1988) e Geraldi (1991), diz respeito à relação de um conceito físico (seu significado/sentido) com outros conceitos. Nesta perspectiva, admite-se a possibilidade de múltiplos significados para uma mesma palavra, dada a multiplicidade de contextos e relações que elas podem estabelecer com outras, dentro das teorias físicas. O significado físico de um conceito depende do contexto teórico dentro do qual ele é construído.

Tendo por base essas noções, em trabalho anterior, com a análise de situações de aula, concluímos que as interações professor-aluno são condicionadas por: 1. **Expectativas de desempenho de papéis**: o que o professor e o aluno esperam que sejam suas respectivas e mútuas funções, a roupagem com que cada um se veste e é vestido aos olhos do outro no espaço escolar; 2. **Expectativas de conhecimentos, habilidades, atitudes e concepções**: o que cada um faz ou deveria fazer na sala de aula e fora dela com relação à escola, aos olhos de si mesmo e aos olhos do outro (ALMEIDA & SILVA, 1994).

Trabalhamos aqui com a hipótese/pressuposto de que estas expectativas estão relacionadas aos modos de interação do aluno com os textos, com a maneira como ele se representa diante deles enquanto leitor, em situações de aula. O que o aluno acha que o professor espera dele? O que ele espera de si mesmo enquanto aluno quando se propõe a ler um texto? (SILVA & ALMEIDA, 1993).

Situações de Leitura numa Aula de Física

Trabalhamos informações referentes a situações de aulas de um professor de física, numa escola estadual localizada numa região central de um dos distritos da cidade de Campinas, SP, no período noturno. As informações foram coletadas no período noturno, durante dois meses, referentes ao último bimestre letivo escolar de 1995. O professor desta classe não tinha o curso de física, mas de forma mais informal já pudemos observar situações semelhantes em aulas de professores formados na disciplina.

Como primeira aproximação do cotidiano dessa escola procuramos verificar que situações de aula se relacionavam com a leitura e mereciam ser melhor exploradas; que ocorrências relacionadas à leitura poderiam ser destacadas dentro de situações concretas de ensino. As informações foram coletadas realizando-se registros regulares de observações de aulas.

Do material coletado selecionamos uma aula de cujo registro apresentamos aspectos que destacamos na análise. Trata-se de uma aula numa classe de 3ª série do ensino médio noturno, na referida escola.

A aula selecionada se inicia com a leitura da definição do conceito de *corrente elétrica*. Os textos que os alunos possuíam no caderno eram geralmente ditados pelo professor ou copiados da lousa.

Uma aluna leu um parágrafo no caderno e o professor repetiu uma parte do texto lido, "explicando":

"O mais importante é que seja um fluxo ordenado de cargas elétricas".

Esta fala caracteriza a relação entre "explicação" (leitura) do professor e texto, o tipo de leitura que este faz do texto, reforçando a parte que talvez considere mais importante. A fala representa uma repetição de parte da definição do conceito, já lida pela aluna. Foram vários os momentos observados nos quais o professor repetiu partes do texto em sua "explicação".

A aluna lê, então, outro parágrafo do caderno e o professor "explica" este parágrafo. Este procedimento continua até o fim do texto, representando, provavelmente um procedimento habitual do professor.

Durante a explicação há momentos em que a fala do professor não repete partes do texto, mas parece procurar complementá-lo. É o caso em que o professor retoma a definição de um conceito que aparentemente havia sido trabalhado em aulas anteriores: *diferença de potencial*.

Em ambos os casos, o conceito é explicitado na forma de uma definição formal, ou parte dela. A relação entre um conceito e outro é "estabelecida" pelo professor através de fórmulas colocadas na lousa.

Na fala do professor, notamos frases que se destacavam, seja pela entonação diferenciada, seja pela repetição ou pelo ritmo.

Também foram notadas pausas na leitura da aluna, como também eventuais trocas de palavras, como no caso em que "leu" *terminal* onde estava escrito *térmico*.

Quando o professor explicava outro tópico do texto, "*tipos de corrente*", referindo-se à *corrente alternada*, uma aluna interrompeu a explicação e estabeleceu um diálogo com o professor. O diálogo envolvia tanto o conceito de corrente elétrica quanto a fórmula colocada pelo professor. A aluna parecia tentar estabelecer uma relação entre o conceito formal e a representação matemática. Algo parecia não lhe fazer sentido quando tentava associar a fórmula relacionada ao conceito com as definições "explicadas" pelo professor.

Essa ocorrência chamou-nos a atenção por caracterizar um momento no qual se verifica a explicitação de uma tentativa da aluna de produzir sentido sobre o conteúdo do texto lido/explicado pelo professor. O aspecto que merece ser pontuado nessa ocorrência é o fato de que a tentativa de produzir sentido passa pela simbologia matemática utilizada pelo professor e sua relação com duas definições conceituais (ou partes delas).

Num dado momento, quase no final da aula, chamou-nos a atenção uma frase do professor.

"Como vamos calcular o trabalho?"

Neste momento, a explicação do professor, usando a lousa, passa por manipulações algébricas em torno de fórmulas que relacionam os conceitos de *trabalho*, *diferença de potencial* e *carga elétrica*. Numa aula

posterior, nesta mesma classe, o professor se utilizará de uma fórmula análoga (relacionando trabalho, diferença de potencial e corrente elétrica) para resolver um exercício.

Neste momento, durante a explicação desta fórmula, a mesma aluna faz novamente uma pergunta ao professor. A discussão entre professor e aluna era de natureza qualitativa/conceitual, e novamente mediada pela fórmula.

A aula aqui descrita terminou com as seguintes falas:

Professor: *“Próxima aula são sete exercícios...”*

Aluno: *“A prova é quando?”*

Professor: *“Então a gente faz exercícios e depois faz a prova.”*

O diálogo parece subentender uma relação que aparentemente está clara tanto para o professor quanto para os alunos: a relação entre exercícios e prova. Estas falas, dentro do contexto da aula, indicam a seqüência que parece ser característica do curso do professor: leitura /explicação do texto, exercícios feitos pelo professor, exercícios feitos pelos alunos, correção e prova.

Gostaríamos de destacar três aspectos que nos parecem marcantes na aula descrita.

O primeiro deles é o fato de que a leitura do professor parece destacar, selecionar partes do texto. As partes que parecem ser enfatizadas pelo professor são constituídas de definições formais, tanto as que ele recorta do texto, quanto as que inclui na aula, na tentativa de complementá-lo em sua “explicação”.

O segundo aspecto está relacionado com a simbologia matemática. Durante a “explicação” do professor e leitura do texto, este fez uso de representações matemáticas relacionadas à definição do conceito em questão. Esta relação entre definições recortadas do texto e representação matemática desperta o questionamento de uma aluna, explicitando uma tentativa de produção de sentido. Tentativa que só é explicitada por uma aluna durante toda a aula.

O terceiro aspecto diz respeito à contextualização desta aula de leitura dentro de um conjunto de aulas que parece caracterizar de modo global o curso do professor. Na aula de leitura do texto pelo professor, que coincide com sua “explicação”, a leitura do texto se direciona para as fórmulas que serão usadas nos exercícios, que por sua vez representam modelos do que será requisitado na prova. Esta seqüência, leitura/explicação do texto, resolução de exercícios e prova, provavelmente vem se repetindo desde o início do ano letivo.

Estas ocorrências sugerem-nos um modelo de leitura, no sentido de algo a ser imitado, que o professor “passa” aos alunos e que deve ser levado em consideração na elaboração de propostas para o trabalho escolar pautadas na mediação da leitura.

Ricon & Almeida (1991) constataram que mesmo quando se modifica o texto trabalhado em sala de aula, substituindo texto de livros-didáticos por textos alternativos como de divulgação científica e

tecnológica, os modos de leitura dos alunos não se distinguem daqueles relacionados aos livros didáticos.

O fato do modelo de leitura permanecer mesmo se alterando o tipo de texto usado em aula, aponta para a importância de se trabalhar a leitura e não apenas o tipo de texto.

A nosso ver, o trabalho com a leitura deve levar em consideração que expectativas dos alunos em relação ao professor (o que acham que o professor espera deles) e do professor em relação aos alunos (o que espera dos alunos e o que acha que estes esperam dele), condicionam aspectos da produção da leitura do aluno.

Mais especificamente, a mudança dos textos usados em aula deve ser acompanhada por mudanças nas situações de cobrança em que os alunos são envolvidos. Situações que envolvam a possibilidade da diversidade (de modos de leitura, de interpretações), que possibilitem uma identificação mais pessoal do sujeito-leitor com o texto.

Referências

- ALMEIDA, Maria José P.M.; SILVA, Henrique C. - *Noções auxiliares na compreensão do fazer pedagógico*. **Educação & Sociedade**, nº: 47, abril, 1994, p. 97-105.
- ALMEIDA, Maria José P. M.; RICON, Alan E. - *Divulgação científica e texto literário: uma perspectiva cultural em aulas de física*. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, nº 1, p.7-13, 1993.
- GERALDI, João W. - *Prática de leitura de textos na escola*. **Leitura: Teoria & Prática**, 03, p.25-31, 1991.
- KUHN, Thomas S. - **A estrutura das revoluções científicas**. 3ª ed. (2ª tiragem). São Paulo: Perspectiva, 1995.
- KUHN, Tomas S. - *A função do dogma na investigação científica*. in DEUS, J.D. (org.) **A crítica da ciência**. Rio de Janeiro: Zahar, 1974.
- ORLANDI, Eni P. - **A linguagem e seu funcionamento: as formas do discurso**. 2a ed. ampliada, São Paulo: Brasiliense, 1987.
- ORLANDI, Eni P. - **Discurso e Leitura**. São Paulo: Cortez; Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1988
- ORLANDI, Eni P. - *A escola e suas mediações: como se usa o material didático*. **Educação e Sociedade** n.º 16, dez., 1983, p. 138-145.
- RICON, Alan E., ALMEIDA, M. J. P. M. - *Ensino da física e leitura*. **Leitura: Teoria & Prática**, 10 (18), dez. , 1991, p.7-16.
- ROBILOTTA, Manoel , BABICHACK, César. - *Definições e Conceitos em Física*. **Caderno CEDES**, 1996 (no prelo)
- SILVA, Henrique C. , ALMEIDA, Maria José P.M. - *Análise de verbalizações e do uso de textos em aulas de física, 2º grau: uma tentativa de compreensão do próprio trabalho pedagógico*. **ATAS do X Simp. Nac. Ens. Fís.** - Londrina, PR, 1993.

LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA NO BRASIL (1910-1960)

Viviane da Silva

Yassuko Hosoume (YHosoume@if.usp.br)
Instituto de Física da USP.

Podem ser encontrados, no Brasil, várias pesquisas universitárias acerca de livros didáticos e propostas para o ensino de Física, elaborados a partir da década de 60, trouxeram para a prática escolar influências das mais variadas. Para complementar este quadro procuramos estudar como eram os livros didáticos de Física no período que vai de 1910 e 1960, antes, portanto, da chegada do primeiro projeto de Física que influenciou nossos professores e escolas, o PSSC.

Iniciamos com um levantamento bibliográfico onde procuramos livros didáticos de Física que foram utilizados no Brasil neste período. Cadastramos 17 títulos, sendo entre eles 10 de autores brasileiros. Entre os títulos encontrados o mais antigo é de 1911 e foi editado em Portugal. O autor é Ribeiro Nobre seu título é *Tratado de Physica Elementar*, encontramos referência que este livro foi utilizado no colégio Caetano de Campos em São Paulo. Mas o livro mais antigo, editado no Brasil, que encontramos, foi da Livraria Francisco Alves e data de 1912, *Noções de Sciencias Physicas e Naturaes: Physica e Chymica*. Este livro não apresenta autor mas apenas referência ter sido escrito "por uma reunião de professores". O livro mais recente dentro do período compreendido por esta pesquisa é de M. Maia e data de 1959, *Física para o Colégio e o Vestibular*, da editora Nacionalista do Rio de Janeiro.

Entre os livros levantados, selecionamos cinco, para representar cada uma das décadas do período. Estes livros foram analisados tendo por base o produto editorial e a forma de apresentação do conteúdo, o que nos fez escolher sete elementos de análise destes livros: os objetivos explícitos dos livros, as divisões propostas para o conteúdo, a organização do texto, a presença de figuras, a frequência de fórmulas, resumos e questionários, tirando desta análise a forma de abordagem dada ao conteúdo. Vejamos agora um pouco do que pudemos perceber nestes livros.

O livro *Sciencias Physicas e Naturaes*, Por uma Reunião de Professores, de 1912, não explicita objetivos para o livro nem propõem divisões para a Física subdividindo o livro apenas em capítulos que intitula, em geral, por nomes de máquinas ou instrumentos estudados nele. Este livro apresenta uma forma de apresentação teórico-descritiva trazendo referências de um cotidiano tecnológico por descrição e figuras de instrumentos. O conteúdo é desenvolvido e organizado em verbetes numerados, tópicos desenvolvidos em parágrafos longos. Aparecem no texto muitas figuras, sendo em geral desenhos de máquinas e

instrumentos. A presença de equações é rara sendo o tratamento do livro baseado em descrições e discussão teórica de aplicações. Resumos e questionários são apresentados ao final de cada capítulo. Podemos encontrar uma grande ênfase no conteúdo de fluidos e física térmica, enquanto a mecânica assume uma presença bastante modesta dentro do conteúdo do livro.

O livro *Tratado de Physica*, de Raul Romano, de 1928, apresenta como objetivo suprir a falta de livros de Física na época. Divide a Física em dois grandes blocos, *Mechanica e Barologia* e *Modos de Vibração*, colocando dentro deste bloco as demais partes da física. O conteúdo é desenvolvido em capítulos longos relacionando descrições de conteúdo com fórmulas e exemplos de aplicação numérica impondo ao livro um caráter mais formal do que percebemos no livro anterior. Neste livro a mecânica já toma maior participação em detrimento do estudo dos fluidos. Aparece também neste livro uma preocupação com a física moderna além de uma maior atenção no tratamento da óptica física.

O livro *Compêndio de Física*, de John Kleiber, de 1933, se propõem como obra que procura a brevidade no tratamento da Física. Para tanto não propõem grandes divisões do conteúdo separando-o apenas em capítulos e desenvolvendo-o dentro de parágrafos e verbetes numerados. Os desenhos esquemáticos são a base da ilustração e muitas fórmulas aparecem acompanhadas de exemplos quantitativos, sem discussão teórica. Ao final de cada capítulo é apresentado um quadro sinóptico e um formulário. Os exercícios propostos se encontram no entremear do texto, aparecendo também em maior quantidade ao final dos capítulos. O formal é a base da abordagem do conteúdo com um grau de abstração elevado. Quanto ao conteúdo o eletromagnetismo é a principal ênfase diminuindo a presença de todos os outros conteúdos, com exceção da mecânica.

O livro *Um Curso de Física*, de Urbano Pereira, de 1944, apresenta explicitamente o objetivo de adequar-se aos programas de conteúdo e aos horários dos cursos, utilizando-se de propostas educacionais. Tal preocupação aparece quando observamos as divisões temáticas que o autor propõem para o tratamento da Física. O conteúdo é dividido em três partes: a primeira tratando de “coisas paradas”, abordando a Estática e a Óptica Geométrica; a segunda tratando de formas de energia; e a terceira tratando de campos de força. O conteúdo é apresentado em verbetes longos, relacionados entre si e indicando questões e exercícios numéricos apresentados no final do livro. O que é mais interessante ressaltar neste livro é o espaço dedicado à introdução, onde o autor fala sobre a matéria, as leis físicas, etc. A tendência dos demais conteúdos permanece, mesmo com a pequena queda do conteúdo de óptica.

O livro *Física*, de Teixeira Júnior, de 1953, se propõem como obra que objetiva adequar-se aos programas e evitar prolixidades. As divisões propostas ao conteúdo são as que vimos atualmente nos livros didáticos:

Mecânica, Física Térmica, Óptica e Eletricidade e Magnetismo. O conteúdo é desenvolvido dentro dos capítulos em itens não numerados que abordam um único. A ilustração é feita por desenhos esquemáticos relacionados, na maioria das vezes a exercícios de aplicação. As fórmulas são freqüentes e o texto se refere sempre a sua presença. Vários exercícios podem ser encontrados tanto dentro dos capítulos como ao final deles. A obra é extremamente formal e o tratamento abstrato deixa de lado discussão conceituais detalhadas. Neste livro a presença da mecânica confirma a tendência que vimos desde o livro de Raul Romano. Há também uma grande valorização do conteúdo de óptica, o que, realmente, é bastante interessante, pois em nenhum livro vimos este conteúdo tão valorizado.

Vemos que nos objetivos dos livros não aparece uma preocupação acerca de objetivos educacionais, sendo maior preocupação suprir a falta de livros didáticos existente no período. A exceção é o livro de Urbano Pereira que afirma estar de acordo com propostas educacionais contemporâneas.

A forma como os livros apresentam o conteúdo sofre uma transformação que vai da unificação do livro *Sciencias Physicas e Naturaes* que apresenta a Física sem divisões ao livro de Teixeira Júnior que separa o conteúdo em partes estáticas e sem relação. O desenvolver do conteúdo se altera, deixando de lado os verbetes desenvolvidos largamente para parágrafos curtos entremeados por fórmulas ou deduções. A abordagem quantitativa aparece acompanhando esta tendência e aos poucos as discussões conceituais vão perdendo espaço para o tratamento formal e abstrato do conteúdo.

A ilustração dos livros também apresenta uma tendência evolutiva, de um lado, nos livros do início do período, estão os desenhos de máquinas e instrumentos, que são descritos nos textos, e de outro os esquemas abstratos, ligados a resolução de exercícios quantitativos. As atividades propostas acompanham esta mudança, chegando ao caráter estritamente quantitativo, percebido nos livros atuais, já no livro *Física* de Teixeira Júnior.

Este trabalho nos permitiu perceber a necessidade dos autores de adaptar seus livros a novos currículos, deixando objetivos educacionais de lado em alguns casos.

Podemos perceber também que o tratamento experimental, infelizmente, sempre esteve fora dos livros didáticos, sendo um antigo e sempre atual problema do ensino de física.

O conteúdo "tradicional" dos livros atuais é o mesmo conteúdo que sempre foi tratado nos livros de física voltados ao ensino secundário, é apenas a forma de tratamento deste conteúdo que se modificou.

MUDANÇA CONCEITUAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA BREVE REVISÃO

Orlando Aguiar Jr. e João Filocre Saraiva
CECIMIG/UFMG

Introdução

A preocupação com o processo de mudança conceitual no ensino de ciências decorre diretamente das pesquisas relacionadas às representações de crianças e adolescentes em idade escolar acerca do mundo físico. Tais pesquisas tiveram inicialmente um caráter eminentemente descritivo, buscando relatar as características do pensamento espontâneo acerca de temas tradicionalmente tratados pelo ensino de ciências. Entretanto, as dificuldades e resistências encontrados na superação desses “erros conceituais” conduziram a uma mudança no enfoque do problema em direção ao estudo do processo de construção de tais noções e às condições necessárias para a mudança conceitual. Ao contrário do enfoque inicial das pesquisas em concepções espontâneas, os trabalhos em mudança conceitual têm um caráter essencialmente prescritivo e explicativo. Tratam de explicar o por quê da persistência dos modelos espontâneos e de prescrever estratégias de ensino-aprendizagem que promovam a passagem de tais noções aos conceitos científicos.

Pretendemos apresentar brevemente o “estado da arte” das pesquisas nesse campo, procurando salientar as diferentes abordagens do problema. Ao destacar diferenças nas hipóteses centrais que conduzem as pesquisas na área, pretendemos apenas salientar a necessidade da explicitação dos diversos pontos de vista em disputa, de forma a refletir sobre sua possível compatibilidade ou, pelo contrário, da profundidade de suas diferenças. Em outro trabalho (Saraiva e Aguiar Jr, 1996) desenvolvemos nosso próprio referencial teórico acerca da mudança conceitual em sala de aula a partir das contribuições de Piaget e Vygotsky.

Em busca de um Modelo Pedagógico para promover a Mudança Conceitual

Em revisões recentes das pesquisas em mudança conceitual foram identificados dois grupos de estratégias (Scott, Asoko & Driver, 1991): o primeiro grupo consiste em propostas cujo elemento fundamental é a criação de conflito cognitivo e sua posterior resolução. O segundo grupo é composto por estratégias que buscam construir um conhecimento científico a partir do conhecimento prévio dos estudantes estendendo, através de analogias, o domínio de idéias espontâneas consideradas válidas. De acordo com esses autores, a mudança conceitual teria significados distintos dependendo do enfoque adotado: para o primeiro

grupo de estratégias, a mudança conceitual seria entendida como resultado de processo de superação de contradições enquanto que, para o segundo, a mudança consistiria na integração do conhecimento prévio num conjunto mais bem estruturado e de maior abrangência. Ainda segundo esses autores, os dois grupos de estratégias não seriam incompatíveis, uma vez que se reconhece sua validade de acordo com o conteúdo específico a ser tratado pela escola e suas relações com o conhecimento prévio dos estudantes.

Do nosso ponto de vista, além de não serem incompatíveis, os dois grupos de estratégias são complementares. Não há como superar contradições sem integrar o novo conhecimento em uma nova totalidade de maior abrangência que as anteriores. Por outro lado, toda novidade no campo cognitivo, por mais rupturas que promova, traduz sempre algum elemento de continuidade em termos da retomada num plano superior de ações já executadas ou apenas esboçadas.

As estratégias de conflito cognitivo derivam de uma avaliação segundo a qual as dificuldades experimentadas pelos estudantes no aprendizado das ciências decorrem fundamentalmente da incompatibilidade entre suas idéias prévias e aquelas que lhes são apresentadas nas aulas de ciências (Champagne, Gungstone & Klopfer, 1985a). Ou seja, as concepções dos estudantes fornecem um marco "alternativo" quando confrontadas com conceitos e teorias científicas (Driver & Easley, 1978). Para que ocorra aprendizagem significativa, os alunos deverão tomar consciência da inadequação de suas concepções e renunciar a elas em favor dos conceitos científicos (Hewson, 1981).

Tais estratégias de ensino têm, como referência quase obrigatória, o modelo proposto pelo grupo da Universidade de Cornell (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982). Ele foi denominado modelo PSHG, numa alusão a seus autores, ou simplesmente MMC (modelo de mudança conceitual). A questão básica formulada pelos autores "*consiste em saber como as concepções dos estudantes mudam sob o impacto de novas idéias e novas evidências*" (Posner et al, 1982, p.212). Os autores consideram que a maior fonte de informações acerca desta questão encontra-se na filosofia da ciência e procuram, por analogia, transpor resultados decorrentes da análise histórica da evolução das ciências para o processo de ensino-aprendizagem, com todos os problemas que tal transferência acarreta. A aprendizagem é entendida como uma atividade racional, ou seja, aprender é fundamentalmente tornar-se capaz de compreender e aceitar idéias porque elas parecem ao aprendiz inteligíveis e racionais. O caráter de racionalidade e inteligibilidade é basicamente conferido pelos conhecimentos que o sujeito já possui, uma vez que eles são utilizados para interpretar a nova informação, seja de uma maneira ou seja de outra.

Para entender como se processa a mudança, os autores lançam mão de dois componentes: a ecologia conceitual e as condições que precisam

ser satisfeitas para que a mudança ocorra. A ecologia conceitual constitui num conjunto de elementos que organizam (ou impedem) o avanço do conhecimento do sujeito. Fazem parte da ecologia conceitual as anomalias, os compromissos epistemológicos e as crenças metafísicas. Essas convicções implícitas influenciam tanto a seleção de novas concepções, como também a avaliação das anteriores.

Quanto às condições que devem ser satisfeitas para que a mudança conceitual (no seu segundo e mais abrangente significado) ocorra, os autores citam quatro, a saber:

a) *Insatisfação com as concepções existentes*: uma pessoa só irá substituir uma concepção por outra na medida em que julgar a primeira insatisfatória. A maior fonte de insatisfação é a anomalia: "*uma anomalia existe quando o sujeito é incapaz de assimilar algo que ele presume ser assimilável*" (Posner et al., 1982, p.220). Além do reconhecimento de anomalias, a insatisfação poderá também ocorrer quando a concepção existente violar algum compromisso epistemológico do sujeito.

b) *A nova concepção deve ser inteligível*: uma teoria só será um objeto de pensamento na medida em que o estudante seja capaz de construir uma representação coerente e plena de significado. Para tanto, os autores destacam a importância de analogias e metáforas.

c) *A nova concepção deve ser plausível*: para que uma concepção seja plausível ela deve ser compatível com a visão de mundo do sujeito. Em geral, a plausibilidade de uma nova concepção depende de suas relações com o conhecimento existente. Para os autores, concepções conflituosas não podem ser simultaneamente plausíveis para uma pessoa. Daí a ênfase do modelo na fase prévia de provocar insatisfação com as concepções que se pretende substituir.

d) *A nova concepção deve ser frutífera*: o esforço requerido para incorporar a nova concepção, sobretudo quando ela envolve o abandono de concepções prévias, só terá sentido se houver algum aumento de compreensão, através da formulação e solução de novos problemas até então inexistentes ou não solucionados.

O modelo PSHG serve de base para uma série de trabalhos empíricos que buscam traduzi-lo em termos de estratégias pedagógicas. Nussbaum e Novick (1982), por exemplo, sugerem uma sequência de intervenções pedagógicas destinadas a favorecer a troca conceitual, composta por quatro elementos fundamentais:

1. levantamento das concepções dos estudantes acerca de determinado fenômeno.

2. tomada de consciência por parte do aprendiz acerca de sua própria concepção, bem como a da existência de outras perspectivas racionais alternativas formuladas pelos colegas, ou sugeridas pelo professor. Para tanto, deve-se encorajar a elucidação dos conceitos prévios existentes na sala de aula e a verbalização destes.

3. criação de um conflito cognitivo, a partir da busca de explicação de evento discrepante.

4. encorajar e guiar a mudança conceitual com a invenção de um novo modelo consistente com a visão adotada pela ciência e a posterior reestruturação cognitiva.

A estratégia acima se fundamenta, segundo um de seus autores, em dois pressupostos básicos. *"o primeiro deles consiste na suposição de que as principais mudanças conceituais se iniciam unicamente como resultado de algum conflito entre a concepção prévia de uma pessoa e as provas que entrem em contradição com ela - 'o evento discrepante' "* (Nussbaum, 1985 , p.222). A segunda hipótese dos autores consiste em afirmar a necessidade da tomada de consciência acerca dos elementos existentes em suas concepções prévias para que os aprendizes possam vivenciar uma autêntico conflito. Assim, continua Nussbaum, *"se queremos capacitar nossos alunos para que saquem o benefício esperado do conflito conceitual, devemos ajudá-los a que exponham e articulem abertamente suas pré-concepções".*

Rowell (1989) e o grupo da Universidade de Adelaide (Rowell, Dawson & Lyndon, 1990) entendem que o conflito é necessário à mudança conceitual, mas deve ser adiado até que a explicação alternativa esteja suficientemente configurada e explorada. Numa boa tradição piagetiana, esse autor considera que uma perturbação não consiste apenas em conflitos mas também em lacunas a preencher de modo a tornar possível a assimilação do objeto. Seu modelo de ensino utiliza a existência de entendimentos parciais potencialmente contraditórios, não conectados, que não são postos em conflito até que o enfoque alternativo esteja suficientemente desenvolvido.

Para o autor, não dispomos, especialmente nos primeiros estágios de construção de um conceito, de um sistema coerente e único para entendê-lo. Em lugar disso, o sistema cognitivo seria melhor descrito pela coexistência de certo número de procedimentos incompletos, esquemas parciais com origens diversas. Citando uma linha de pesquisa mais recente na escola de Genebra, o autor conclui que a melhor maneira de promover o progresso conceitual consiste em encorajar os estudantes a aplicar mais de um entendimento parcial ao problema, comparando as antecipações geradas por cada um à realidade.

Hewson (1985; 1990) insiste que os compromissos epistemológicos de generalidade e consistência interna são ambos indispensáveis para que o conflito cognitivo seja efetivo no ensino. Na ausência de compromisso com consistência interna, um conflito entre duas concepções rivais não seria sequer identificado. Além disso, o conflito pode ser resolvido de duas formas. De um lado, o estudante pode escolher limitar a extensão da consistência interna, o que conduz a compartimentalização de seu conhecimento, sendo cada concepção plausível num domínio próprio de validade. Em lugar disso, se o estudante tiver um forte compromisso de generalidade, a compartimentalização não deve ser uma opção favorável, e a aceitação da plausibilidade de uma concepção se fará acompanhar pela rejeição da outra.

Gil Pérez e Carrascosa (1990), movidos por preocupações semelhantes, sustentam que os aspectos conceituais e metodológicos são inseparáveis, e que a mudança metodológica é condição necessária para ocorrer mudança conceitual. As concepções alternativas estariam firmemente assentadas numa "metodologia da superficialidade", caracterizada por uma confiança absoluta na evidência de senso comum e pela ausência de consistência na análise de diferentes situações. Tal metodologia, reforçada socialmente e refratária a críticas ou a dúvidas, se contrapõe à metodologia científica, que combina a criatividade de pensamentos divergentes e o rigor da verificação de hipóteses através de experiências sob condições controladas.

Em trabalho mais recente (Carvalho & Gil Pérez, 1993), é detalhada a proposta para incrementar a mudança metodológica. A estratégia consiste em conceber a aprendizagem como vivência de pesquisa orientada. O aspecto central da proposta, segundo os autores, é o fato de permitir a ocorrência de conflitos cognitivos sem que estes sejam reconhecidos enquanto questionamento externo de concepções pessoais, o que provocaria desconforto, insegurança e resistência adicional à mudança. Em um ambiente de pesquisa científica orientada, pelo contrário, todas as concepções, inclusive as idéias prévias dos alunos, são tomadas como *hipóteses de trabalho*.

Villani (1992) propõe uma análise baseada na filosofia da ciência de Laudan, como forma de aprofundar o entendimento sobre a natureza e os mecanismos da mudança conceitual. A hipótese central é a de que, explorando e utilizando as características principais do modelo de mudança científica, poderemos obter importantes aspectos da mudança conceitual na aprendizagem em ciências. O autor salienta dois aspectos da análise do progresso científico em Laudan: o primeiro deles refere-se à natureza das mudanças ocorridas e, o segundo, ao caráter gradual e evolucionário das mesmas. Quanto ao primeiro aspecto, as mudanças mais profundas na ciência referem-se primariamente a ontologia, metodologia, direção e valores das respectivas "tradições de pesquisa" e, apenas indiretamente, a suas teorias. Analogamente, a aprendizagem efetiva de ciências pode ser descrita como um processo que inclui não apenas mudanças nas idéias do aprendiz ou sua aceitação de novas concepções relativas aos fenômenos mas, principalmente, mudança na natureza das questões, nas entidades básicas, nos métodos e na direção a ser perseguida pela aprendizagem.

Quanto ao processo de mudança, Laudan sustenta que uma das mais importantes características do progresso científico é a presença de uma fase intermediária, em que se perseguem novos modelos. Durante essa fase, cientistas continuam aceitando a tradição de pesquisa dominante, por sua capacidade geral de resolver problemas, mas também checam novas idéias e teorias testando suas possibilidades em situações específicas (os trabalhos de Planck constituem um bom exemplo disso). Por analogia, Villani considera que, durante uma grande parte do

processo de aprendizagem, os estudantes estão elaborando novos modelos acadêmicos sem abandonar seus modelos espontâneos. Isso deve ser considerado, em muitos casos, um comportamento normal e racional. Assim, conclui Villani, as diversas estratégias de mudança conceitual, para conduzir a aprendizagem efetiva e estável, devem ser aplicadas por um longo período de tempo. Apenas após longo e complexo processo as novas maneiras de raciocínio, novas demandas epistemológicas e novos valores cognitivos serão incorporados nas análises dos estudantes acerca dos fenômenos naturais.

Champagne, Gungstone & Klopfer (1985a) sugerem diferentes formas de interação verbal conduzindo à integração, estruturação e reconciliação do conhecimento anterior do estudante e aquele resultado do ensino formal da Física. As diferenças entre essas duas formas de conhecimento não seriam superadas pelo recurso a eventos discrepantes, como sugerem Nussbaum e Novick. Em lugar disso, as estratégias de ensino propostas *"deverão favorecer a reconciliação e a integração do conhecimento prévio desenvolvido nas experiências cotidianas dos estudantes com o conhecimento desenvolvido em função do ensino formal. Assim, a criação do conhecimento conflitante observado em muitos aprendizes é evitada"*(Champagne, Gungstone & Klopfer, 1985a, p. 69). A hipótese central dos autores é a de que as múltiplas ligações existentes na estrutura de conhecimento de um especialista e seu maior grau de abstração advem, em parte, de uma prática na solução de problemas, cujo acesso pode ser facilitado pelas interações verbais com outros acerca do tema em estudo. A interação verbal, assim como a extensão da prática na solução de problemas, teria um efeito de estabelecer ligações entre o conteúdo do conhecimento dos estudantes.

White & Gungstone (1989) citam dois relatos de fracasso numa tentativa de promover mudança conceitual duradoura e avaliam que esta pressupõe atividades dirigidas à metacognição (controle consciente sobre a própria aprendizagem). A dificuldade apontada consiste em tornar as pessoas capazes de unificar suas crenças, abandonando velhas concepções se isso se mostrar necessário, e não apenas mantendo-as simultaneamente ao conhecimento científico. Os autores fazem uma revisão de pesquisas destinadas a promover a metacognição e procuram articular uma série de princípios a ela relacionados. De maneira geral, os problemas da metacognição e da mudança conceitual exigem mudanças profundas na organização das escolas dirigidas especialmente aos métodos de avaliação. Os autores enfatizam também a necessidade de envolvimento do conjunto dos professores e certa frequência na variação dos procedimentos de ensino, de forma a evitar respostas automatizadas.

A intervenção de fatores não racionais na cognição é também abordada por West & Pines (1983). Eles afirmam que componentes não racionais são intrínsecos à mudança conceitual e devem ser investigados nas pesquisas. Sugerem quatro categorias para tanto: sentimento de poder, simplicidade na complexidade, estética e integridade pessoal.

Esses sentimentos estariam implícitos na formulação de Posner et al., em contradição ao seu apelo à racionalidade. Fatores como elegância, economia e parcimônia, apontados no modelo PSHG enquanto componentes dos compromissos epistemológicos do sujeito, demonstram como a não racionalidade dirige a mudança conceitual.

Pintrich et al. (Pintrich, Marx & Boyle, 1993) fazem um recorte mais amplo do problema. Quanto ao modelo de mudança conceitual, os autores criticam sobretudo a metáfora do estudante como um cientista. Tal metáfora desconsidera tanto os objetivos e propósitos dos estudantes no contexto escolar como também o papel do indivíduo em uma comunidade de aprendizes, que pode sustentar ou bloquear a mudança conceitual. A metáfora da ecologia conceitual é também considerada inadequada como descrição da mudança ontológica, uma vez que os aprendizes possuem objetivos, propósitos, crenças que dirigem e sustentam suas atividades e seu raciocínio.

A atenção dos autores se volta para a identificação e interação de três espécies de fatores que determinam o sucesso ou fracasso da mudança conceitual em sala de aula: fatores cognitivos, fatores motivacionais e fatores contextuais da sala de aula. As relações entre fatores cognitivos e motivacionais seriam determinadas, em última instância, pela maneira como se dá o contexto da sala de aula. Dessa forma, torna-se importante discutir como as crenças motivacionais são criadas, compartilhadas e impostas pelos vários aspectos do contexto escolar. Pintrich et al. sustentam que a mudança na estrutura, organização e avaliação da sala de aula é uma condição indispensável à aprendizagem por mudança conceitual, de forma a permitir a adoção, por parte dos estudantes, de objetivos dirigidos à aprendizagem conceitual e não apenas à performance nos testes.

O olhar para as instâncias específicas do contexto escolar está também presente na revisão do modelo de mudança conceitual formulado por dois de seus autores uma década depois do artigo original (Strike e Posner, 1992). A principal crítica ao modelo original consiste na constatação de que as concepções alternativas dos estudantes podem diferir significativamente dos paradigmas dos cientistas do passado. A premissa do modelo era a de que as concepções alternativas já seriam claramente articuladas e simbolicamente formuladas. Strike e Posner admitem que a ênfase na necessidade da criação de insatisfação com as idéias prévias é decorrente da analogia entre concepções alternativas e paradigmas científicos. No modelo revisto, consideram inadequado inserir concepções alternativas, quando fracamente conceptualizadas, num mar de anomalias.

Os autores admitem também a intervenção de fatores não estritamente racionais decorrentes, em boa medida, do contexto específico do ambiente escolar. No modelo original, tais questões não foram convenientemente consideradas, uma vez que o enfoque era exclusivamente derivado da filosofia da ciência enquanto fonte de modelo

para intervenção pedagógica. A idéia de “ecologia conceitual” deve ser mais ampla do que os fatores epistemológicos sugeridos pela história e filosofia da ciência, abrangendo também objetivos e propósitos dos estudantes, assim como as fontes sociais e institucionais de intervenção. Segundo Strike e Posner, o mais importante para o ensino é compreender os fatores segundo os quais a ecologia conceitual dos aprendizes pode gerar e sustentar concepções alternativas. Para tanto, consideram necessário tratar da “ecologia conceitual” de modo dinâmico, numa visão interacionista e desenvolvimentista.

Garrison e Bentley (1990) criticam não apenas o modelo de ensino por mudança conceitual como também toda uma tradição em psicologia cognitiva cujo foco de atenção estaria dirigido exclusivamente ao desenvolvimento conceitual. Em lugar disso, salientam que o processo de aprendizagem original de uma ciência seria notadamente pré-cognitivo ou pré-conceitual. Na perspectiva dos autores, o processo de aprendizagem de idéias científicas deve ser entendido como uma ruptura com a experiência diária, na medida em que boa parte dos conceitos científicos referem-se a sistemas idealizados inexistentes no plano da experiência comum. O primeiro contato com a ciência seria fundamentalmente baseado no treino e na persuasão, e não na explicação. Apenas após essa iniciação é que a aprendizagem científica poderia ser considerada em termos de uma mudança conceitual.

Uma crítica ainda mais contundente é formulada por Millar (1989), segundo o qual o modelo construtivista de aprendizagem tem sido incorretamente associado com um modelo particular de ensino. Millar considera válido o modelo construtivista de aprendizagem, mas argumenta que o processo de dedução, clarificação e construção de novas idéias ocorre na mente do aprendiz independentemente do modelo de ensino adotado. As contribuições do programa de pesquisa construtivista para a educação em ciências estariam mais na direção da formulação de currículos do que propriamente na mudança de estilos de ensino.

Ainda segundo Millar, o objetivo da educação em ciências não é desenvolver teorias pessoais acerca dos fenômenos mas permitir, em algum nível, o acesso a teorias consensualmente estabelecidas. Segundo o autor, o paradoxo do modelo construtivista de ensino estaria em compatibilizar a ênfase nas idéias prévias dos aprendizes e o fato de ser a ciência um corpo de conhecimento consensualmente aceito. Como manter o envolvimento do estudante na aprendizagem de um conjunto de conhecimentos pré-determinados?

Em artigo intitulado “Construtivismo e Empirismo: um divórcio incompleto”, Matthews (1992) expõe algumas das confusões na literatura quanto à natureza do conhecimento científico. Ele dirige suas críticas especialmente à abordagem idealista e subjetivista de Van der Glassersfeld (1989, 1991). A partir da noção de que o conhecimento resulta do esforço pessoal em dar sentido à experiência, Van der Glassersfeld conclui que qualquer conhecimento que tenha a pretensão

de ultrapassar o plano da experiência em direção a uma realidade ontologicamente concebida seria puramente metafísico. O conhecimento, segundo esse autor, não pode ter a pretensão de ser uma representação da realidade no sentido de compreendê-la, tendo apenas uma função instrumental auxiliando o sujeito nas suas interações com o mundo.

Embora haja variações, a epistemologia construtivista é fundamentalmente relativista, tendo como fio condutor um enfoque centrado no sujeito, baseado em sua experiência pessoal. O relativismo, embora correto, é mal discutido e conduz não ao realismo crítico, mas ao idealismo subjetivista.

Existe uma lógica subjacente à boa parte dos trabalhos até então mencionados. Apesar da diversidade de enfoques, os caminhos adotados para promover a mudança conceitual geralmente fornecem oportunidades para os estudantes tornarem suas idéias explícitas e assim mudar, estender, desenvolver ou substituir essas idéias usando uma combinação de estratégias.

Outra perspectiva é aquela que sustenta uma "cognição contextualizada", uma visão segundo a qual o comportamento humano possui distintas maneiras de ver as coisas que são apropriadas em diferentes contextos e situações sociais. A aprendizagem de ciências, segundo esse ponto de vista, envolve não a mudança de concepções dos estudantes mas seu aprendizado em distinguir contextos onde conceitos particulares são apropriados. Essa perspectiva, emergente a partir dos trabalhos de Solomon (1983, 1987), tem sido recentemente sustentada por uma série de pesquisas, que têm em comum o fato de considerarem as dimensões social e individual como complementares no processo de construção do conhecimento.

A autora entende que as dificuldades demonstradas pelas crianças em mudar suas concepções em direção aos conceitos científicos ensinados na escola não poderiam ser explicadas apenas pela reconhecida dificuldade de mudança de paradigmas na história das ciências. Em lugar disso, estariam em jogo outros mecanismos, derivados da necessidade contínua de reafirmação de noções socialmente compartilhadas. Tal necessidade tornaria o conhecimento de senso comum opaco à análise racional. A intervenção pedagógica teria por objetivo promover uma segunda socialização do sujeito, na qual ele irá compartilhar valores não mais em relação ao mundo de sua vivência diária mas ao mundo da ciência escolar. À medida que os estudantes interagem uns com os outros e com seus professores, eles desenvolvem idéias que, por serem compartilhadas pelo grupo, criam um universo do discurso, um sistema comum de referência no qual a comunicação ocorre. *"Isto sugere que a construção social dos significados dentro dos grupos de estudantes envolvidos em atividades práticas pode se mostrar mais importante que os resultados experimentais e até mesmo do que as construções mentais individuais"*(p. 69).

Para Larochelle e Désautels (1991), as dificuldades apresentadas pelas estratégias de conflito cognitivo revelam um resíduo empirista em sua interpretação. Segundo tal perspectiva, uma pessoa, ao ser colocada diante de uma situação que contradiz suas previsões, vivência um conflito cognitivo cuja resolução o levará a mudar suas concepções de forma a adequá-las ao conhecimento reconhecido pela ciência. O primeiro problema de tal interpretação está no não reconhecimento da atividade do sujeito enquanto fonte de conflito ou de perturbação do sistema cognitivo. Além disso, a idéia ingênua de que a resolução do conflito deva necessariamente conduzir à aceitação dos conceitos científicos em substituição às concepções espontâneas revela uma concepção empirista da ciência, como se a explicação científica fosse a única solução possível ao conflito.

Em lugar disso, os autores defendem um ponto de vista segundo o qual as concepções científicas e espontâneas não são permutáveis pelo simples fato de não responderem às mesmas questões nem tampouco perseguirem os mesmos propósitos. O conhecimento de senso comum não seria inferior ao conhecimento científico sendo, pelo contrário, mais adaptado às circunstâncias da vida cotidiana. O aprendizado de teorias científicas teria um caráter de iniciação a um novo conjunto de regras próprias de produção e validação de conhecimento, que não pode ser reduzida à eliminação do conhecimento prévio ou a troca de uma concepção por outra.

Fiel à tradição de uma cognição contextualizada, Linder (1993) propõe uma noção de "dispersão conceitual", segundo a qual um mesmo conceito pode dar lugar a uma variedade de concepções cada qual com sua esfera própria de aplicabilidade. Para o autor, a dispersão conceitual seria um fenômeno presente tanto na vida social quanto na produção científica.

O problema da aprendizagem em ciências não estaria em promover a mudança conceitual (no sentido de uma troca de concepções), mas em desenvolver relações significativas nos novos contextos nos quais o estudante é introduzido pela aprendizagem escolar. Linder conclui que *"a visão de aprendizagem entre os educadores em ciência deveria ser estendida de modo a colocar menor ênfase na mudança dos repertórios de conceitualização dos estudantes e mais esforço na melhoria da capacidade em distinguir conceitualizações mais apropriadas para determinados contextos específicos - em outras palavras, na capacidade de apreciar a adequação funcional de uma, ou várias, das concepções em um contexto particular, para transformar a educação em ciências em uma base funcional a partir da qual o estudante possa ver o mundo"* (p.298).

Driver et al. (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott,1994) salientam que o conhecimento científico é simbólico por natureza e socialmente negociado. Para ter acesso a esse conhecimento, o estudante deve interagir não apenas com a realidade física, mas especialmente com a realidade simbólica, com os instrumentos culturais da ciência. O

aprendizado das ciências envolve a iniciação dos estudantes em uma nova maneira de pensar e explicar o mundo natural. A iniciação científica não deve ser entendida como uma simples extensão do conhecimento espontâneo nem tampouco como o desenvolvimento e organização do raciocínio de senso comum. Assim, ser iniciado ao discurso e às práticas da comunidade científica não implica no abandono do pensamento espontâneo: *"embora reconhecendo que a aprendizagem da ciência envolve alguma reestruturação de idéias, argumentamos que a visão da aprendizagem como mudança de teorias exagera nas semelhanças entre as teorias e as idéias informais dos estudantes. Estas idéias se distinguem das teorias científicas pela sua natureza tácita e contextual. Além disso, a aprendizagem da ciência na escola significa mais do que uma mudança entre dois conjuntos de teorias, ela significa em primeiro lugar tornar-se capaz de exprimir conscientemente o que vem a ser uma teoria"*(p.9).

Para Mortimer (1994), os modelos de ensino por mudança conceitual têm alimentado uma expectativa generalizada de que o conhecimento científico possa substituir o conhecimento inicial do aluno. Segundo o autor, tal expectativa teria origem numa visão construtivista de aprendizagem como um processo adaptativo entre os esquemas conceituais do sujeito e o conjunto de experiências e idéias com as quais interage, perspectiva esta também sustentada pela epistemologia genética segundo a qual o desenvolvimento do conhecimento leva a construção de estruturas conceituais cada vez mais poderosas e inclusivas. Desta forma, as idéias do sujeito deveriam ser substituídas ou incorporadas pelas novas concepções emergentes.

Como alternativa a essa visão de mudança conceitual, Mortimer propõe a noção de "perfil conceitual", derivada da noção bachelardiana de "perfil epistemológico". Os elementos de um perfil conceitual comportariam uma hierarquia de noções, cada qual associada a compromissos epistemológicos e ontológicos do sujeito, fortemente influenciados pela cultura.

A noção de perfil conceitual traduz ainda, segundo Mortimer, certas implicações para o ensino de ciências. A primeira delas é que "seria possível ensinar um conceito num certo nível de seu perfil sem fazer referência a seus níveis menos complexos, desde que eles sejam epistemológica e ontologicamente diferentes(...) O novo conceito não depende, necessariamente, das concepções prévias, já que pode ser aplicado a um novo e diferente domínio. Apenas quando as concepções prévias constituem-se em obstáculos ao desenvolvimento do novo conceito será necessário lidar com essa contradição"(p.96/97).

Um segundo aspecto diz respeito a importância da tomada de consciência, pelo aluno, de seu próprio perfil, o que permite a comparação entre as diferentes zonas que o constituem, bem como a avaliação do domínio a que se referem e ao poder relativo de cada uma delas.

Estas são algumas das contribuições das pesquisas na área. Embora o levantamento corra sempre o risco de parecer incompleto, por

não contemplar o trabalho deste ou daquele autor, acreditamos ter identificado as principais linhas de pesquisa, os problemas considerados relevantes, bem como os pressupostos epistemológicos e psicológicos que orientaram os diversos trabalhos publicados. Esse conjunto de contribuições pretende oferecer uma perspectiva nova ao ensino de ciências, com relação à elaboração de currículos, à formação de professores, aos procedimentos de ensino e de avaliação e ainda aos objetivos e propósitos da educação em ciências.

Bibliografia

- AGUIAR, Jr. O. (1995) - Mudança Conceitual em Sala de Aula: o ensino de ciências numa perspectiva construtivista. CEFET-MG, Dissertação de Mestrado.
- CARVALHO, A.M.P. & GIL-PÉREZ, D. (1993) - Formação de professores de ciências: tendências e inovações. São Paulo, Cortez.
- CHAMPAGNE, A. GUNSTONE, R. & KLOPFER, L. (1985a) - Instructional consequences of students' knowledge about physical phenomena. In: West, L. & Pines, L. (ed.) Cognitive Structure and Conceptual Change. London, Academic Press.
- DRIVER, R. & EASLEY, J. (1978) - Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. In Studies in Science Education, 5: 61-84.
- DRIVER, R. ASOKO, H. LEACH, J. MORTIMER, E. & SCOTT, P. (1994) - Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. In: Educational Researcher, 23(7): 5-12, October 1994.
- GARRISON, J. & BENTLEY, M. (1990) - Science Education, Conceptual Change and Breaking with Everyday Experience. In: Studies in Philosophy and Education, 10: 19-35.
- GIL-PÉREZ, D. & CARRASCOSA, J. (1990) - What to do about science "misconceptions". In: Science Education, 74(5): 531-540.
- GLASERSFELD, E. VON (1989) - Cognition, construction of knowledge and teaching. In: Synthese, 80(1): 121-140.
- GLASERSFELD, E. VON (1991) - A constructivist's view of learning and teaching. In: Duit, R. Goldeber, F. & Niedderer, H. (eds.) Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies - Proceedings of the International Workshop held at the University of Bremen, March, 1991, p. 29-39.
- HEWSON, P.W. (1981) - A conceptual change approach to learning science. In: European Journal of Science Education, 3(4): 383-396.
- HEWSON, P.W. (1985) - Epistemological commitments in the learning of science: examples from dynamics. In: European Journal of Science Education, 7(2): 163-172.

- HEWSON, P.W. (1990) - La enseñanza de "fuerza e movimiento" como cambio conceptual. In: Enseñanza de las Ciencias, 8(2): 157-171.
- LAROCHELLE, M. & DÉS AUTELS, J. (1991) - "Of course, it's just obvious": adolescents' ideas of scientific knowledge. In: International Journal of Science Education, 13(4): 373-389.
- LINDER, C. (1993) - A challenge to conceptual change. In: Science Education, 77(3): 293-300.
- MATTHEWS, M. (1992) - Constructivism and empiricism: an incomplete divorce. In: Research in Science Education, 22: 299-307.
- MILLAR, R. (1989) - Constructive criticisms. In: International Journal of Science Education, 11(5): 587-590.
- MORTIMER, E.F. (1994) - Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais. Tese (doutorado), Faculdade de Educação da USP.
- NUSSBAUM, J. & NOVICK, S. (1982) - Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation. In: Instructional Science, 11: 183-208.
- NUSSBAUM, J. (1985) - La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa. In: Driver, R. Guesne, E. & Tiberghien, A. (ed.), Ideas científicas en la infancia y la adolescencia, Madrid, Ediciones Morata.
- PINTRICH, P. MARX, R. & BOYLE, R. (1993) - Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. In: Review of Educational Research, 63 (2): 167-199.
- POSNER, G. STRIKE, K. HEWSON, P. & HERTZOG, W. (1982) - Accommodation of a Scientific conception: toward a Theory of Conceptual Change. In: Science Education, 66(2): 211-227.
- ROWELL, J. DAWSON, C. & LYNDON, H. (1990) - Changing misconceptions: a challenge to science educators. In: International Journal of Science Education, 12: 167-175.
- ROWELL, J.A. (1989) - Piagetian Epistemology: equilibration and the teaching of science. Synthese, 80: 141-162.
- SCOTT, P. ASOKO, H. & DRIVER, R. (1991) - Teaching for conceptual change: a review of strategies. In: Duit, R. Goldeber, F. & Niedderer, H. (eds.) Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies - Proceedings of the International Workshop held at the University of Bremen, March, 1991, p. 310-329.
- SOLOMON, J. (1983) - Learning about energy: how pupils think in two domains. In: European Journal of Science Education, 5(1): 49-59.
- SOLOMON, J. (1987) - Social Influences on the construction of pupils' understanding of science. In: Studies in Science Education, 14: 63-82.

- STRIKE,K. & POSNER,G. (1992) - A revisionist Theory of Conceptual Change. In: Duschl,R. & Hamilton,R.(ed.) Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice, N.York, Suny Press.
- VILLANI, A. (1992) - Conceptual change in science and science education. In: Science Education, 76(2): 223-237.
- WEST,L. & PINES,L. (1983) - How "rational" is rationality? In: Science Education, 67(1): 37-39.
- WHITE,R. & GUNGSTONE,R. (1989) - Metalearning and conceptual change. In: International Journal of Science Education, 11(5):577-586.

UMA AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE PESQUISA DE APRENDIZAGEM POR MUDANÇA CONCEITUAL

Orlando Aguiar Jr. e João Filocre Saraiva
CECIMIG/UFMG

A pouco mais de uma década, Gilbert e Watts (1983) diziam, a propósito do programa de pesquisa em concepções espontâneas, que o campo mostrava sinais de estar ainda numa fase pré-paradigmática, no sentido usado por Kuhn (1975). Os autores argumentavam não haver ainda acordo a propósito dos objetivos da pesquisa, dos métodos utilizados, dos critérios para avaliar os dados e das possibilidades de uso pedagógico dos seus resultados.

Mais de dez anos depois, a despeito de novos problemas terem sido identificados e novas perspectivas apontadas, o campo se mostra ainda multifacetado. Uma revisão dos trabalhos orientados na busca de um modelo para aprendizagem de conceitos científicos na perspectiva da mudança conceitual nos permite identificar uma discordância fundamental dos autores quanto a aspectos básicos do modelo. No entanto, a pretensão de uma uniformidade teórica nos parece inadequada para qualquer campo de pesquisa em ciências humanas. Mesmo se tornada possível, tal uniformidade talvez fosse inconveniente. Assim, ao destacar as diferenças nas hipóteses centrais que conduzem as pesquisas na área, pretendemos apenas salientar a necessidade da explicitação dos diversos pontos de vista em disputa, de forma a refletir sobre a sua possível compatibilidade ou, pelo contrário, da profundidade de suas diferenças. A aparente unanimidade em torno de um ensino construtivista e da aprendizagem por mudança conceitual não tem contribuído para o desenvolvimento da pesquisa e da prática pedagógica.

Para tanto, iremos analisar os pressupostos implícita ou explicitamente adotados nos modelos de ensino baseados na aprendizagem por mudança conceitual. Tais pressupostos referem-se a: 1. concepções de aprendizagem no contexto escolar; 2. posições didáticas quanto ao papel e a natureza das intervenções pedagógicas, bem como aos seus objetivos; 3. *status* conferido às concepções espontâneas, o que consiste em discutir sua natureza, origem e evolução.

1. Concepções de aprendizagem: para além dos "princípios construtivistas"

Do ponto de vista de concepções de aprendizagem, podemos dizer que o programa ganha maturidade na medida em que reconhece as limitações das transposições diretas de referenciais teóricos tomados por empréstimo seja da filosofia das ciências, seja da psicologia cognitiva. Em lugar disso, mesmo reconhecendo a natureza essencialmente interdisciplinar da área e, portanto, a necessidade da utilização de

referenciais teóricos originados de áreas afins como a psicologia, a filosofia e a sociologia, nos trabalhos mais recentes parece predominar uma preocupação com a criação de uma identidade própria para a pesquisa em educação em ciências. A criação dessa identidade passa fundamentalmente pelo reconhecimento da especificidade do contexto escolar e da utilização de novas categorias que pretendem resgatar essa dimensão no processo de construção de conhecimento. A mudança de perspectiva é bastante clara quando confrontamos o artigo original de Posner et al. (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982) com a proposta mais recente de uma teoria revista (Strike & Posner, 1994).

A abordagem dos problemas derivados do contexto escolar tem tido o mérito adicional de acentuar uma dimensão social a um enfoque até então dirigido predominantemente ao indivíduo. Assim, uma psicologia personalista vai gradualmente dando lugar ao enfoque sócio-interacionista, cuja principal questão consiste em compreender como o indivíduo constrói o conhecimento dentro de um grupo social.

Todavia, do ponto de vista de uma teoria de aprendizagem, boa parte das pesquisas em curso têm se restringido à generalidade de princípios construtivistas, segundo os quais: 1. um sujeito só aprende se é envolvido ativamente com o objeto da aprendizagem; 2. as idéias que a pessoa já possui são fundamentais para que ela aprenda algo novo. Embora corretos, tais princípios não oferecem elementos suficientes para fundamentar e operacionalizar a intervenção pedagógica. Dois elementos nos parecem necessários à consolidação de uma teoria de aprendizagem construtivista: de um lado, os mecanismos e instrumentos utilizados pelos sujeitos em seus progressos; de outro, o papel das interações em sala de aula na emergência de tais mecanismos de construção.

Infelizmente, a maioria dos pesquisadores parece desconhecer tal necessidade. Segundo Millar (1989), por exemplo, *"os construtivistas cometeriam um erro procurando uma base teórica para o construtivismo como resposta ao desafio da falta de bases proposto por alguns neo-piagetianos. O caminho para o progresso da educação em ciências não está na procura de uma grande teoria mas na via aplicada do tecnologista de currículos"*(p.594). Assim, em lugar de um enfoque teórico que permita ir além da mera descrição dos fatos, permitindo antecipar problemas e formular novas questões, a pesquisa tende a admitir a inexistência de um modelo geral para a mudança conceitual e caminhar em direção à formulação de estratégias específicas para cada conteúdo pesquisado. Muitos autores estabelecem uma falsa dicotomia entre o tratamento teórico proveniente da psicologia genética e o tratamento específico dos conteúdos abordados pela educação em ciências.

Ao se restringir aos princípios gerais do construtivismo, certas questões permanecem sem resposta e não são sequer formuladas. Por exemplo, os estudos têm comprovado sempre a existência de uma hierarquia de concepções e modelos adotados nas explicações mais frequentes entre sujeitos de faixas etárias distintas (Bar, Zinn,

Goldmuntz & Sneider, 1994; Carey, 1985), outros ainda a coexistência de diversos modelos com uma hierarquia claramente definida em termos de um poder explanatório crescente e categorias de análise cada vez mais abstratas (Mortimer, 1994, p.40 e p.200). Entretanto, a razão dos progressos identificados raramente se converte em objeto explícito de pesquisa. Utilizando a Teoria de Piaget como instrumento para a compreensão dos resultados das pesquisas em concepções espontâneas, Saraiva(1987) conclui que pouco se avançou nessa área em relação aos estudos realizados pela Escola de Genebra. A potencialidade e pertinência dos estudos piagetianos foram também comprovados por Mariani(1987), em pesquisa destinada a acompanhar o desenvolvimento das explicações causais de estudantes quanto ao problema das colisões.

Entretanto, no que se refere às influências da epistemologia e da epistemologia genética o quadro é paradoxal. De um lado, alguns autores (Driver, 1989; Scott, Asoko & Driver, 1991; Mortimer, 1994) identificam pressupostos comuns entre as pesquisas de aprendizagem por mudança conceitual e a teoria piagetiana da equilíbrio. Em ambas, o enfoque estaria centrado no sujeito que, ao interagir com o real, elabora estruturas ou esquemas de conhecimento cada vez mais adaptados ao meio. Segundo esses autores, as estratégias de ensino que enfatizam o conflito cognitivo e a resolução desse conflito pelo aprendiz seriam decorrentes de uma visão piagetiana de aprendizagem.

Por outro lado, com raras exceções (Saraiva, 1991; Rowell, 1989; Dèsauteles e Laroche, 1990), parece haver uma negativa em absorver as contribuições da epistemologia genética à educação em ciências. A leitura de Piaget permanece, em geral, bastante superficial e boa parte das razões alegadas para sua improcedência nos parecem equivocadas. Alguns autores insistem equivocadamente numa interpretação segundo a qual, em Piaget, a aquisição de estruturas operatórias é condição necessária e suficiente aos progressos no domínio da causalidade (Stavy, 1990; Driver & Easley, 1978). Como os modelos de raciocínio espontâneo são de domínio específico, a explicação piagetiana estaria comprometida. Assim, os pesquisadores procuram realizar trabalhos enfocando mais o conteúdo específico das idéias infantis do que as estruturas operatórias que supostamente lhes dariam suporte. Do nosso ponto de vista, tal enfoque tem provocado uma grande extensão de dados empíricos nos diversos domínios tratados pelo ensino de ciências, sem que tenha conduzido a uma compreensão das razões de sua existência e das condições para seu progresso.

Segundo Saraiva (1987), a ausência desse tratamento se faz sentir especialmente no trabalho de Posner et al. (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982). Os autores adotam os termos piagetianos de *assimilação* e *acomodação*, mas afirmam não ter qualquer compromisso com os trabalhos de Piaget. Entretanto, sua abordagem nos parece problemática na medida em que estabelecem uma dicotomia entre mudança conceitual por assimilação e por acomodação. Ora, a acomodação é necessariamente

a acomodação de um esquema de assimilação. Segundo Piaget (Inhelder, Garcia & Vonèche, 1976, p.67), se a acomodação não estivesse sempre subordinada a uma atividade assimiladora que é o motivo dela, teríamos que admitir uma epistemologia empírica do conhecimento cópia. Apenas se fosse possível, o conhecimento imposto de fora, sem qualquer atividade do sujeito, seria uma acomodação pura.

Além disso, Désautels e Larochelle (1990), censuram o modelo de Posner et al. por conceber a mudança conceitual como a integração de um novo elemento anteriormente externo à estrutura conceitual, ou como a substituição de uma concepção por outra como resultado da competição entre ambas. Em lugar disso, o que ocorre é uma reconstrução que provoca reorganizações mais ou menos importantes da estrutura conceitual em direção a uma complexidade crescente do sistema. Disso resulta uma extensão das possibilidades de compreensão e o aumento da sensibilidade da estrutura a eventuais perturbações. Nos parece que Désautels e Larochelle pretendem dizer que a mudança conceitual seria melhor descrita como uma equibração majorante da estrutura conceitual do sujeito.

Os estudos conduzidos por Saraiva(1987,1991) demonstram que parte dos problemas enfrentados na área poderiam ser melhor equacionados com um tratamento derivado sobretudo dos últimos trabalhos de Piaget. Certamente a obra de Piaget, como qualquer teoria, não engloba todos as dimensões envolvidas na educação em ciências. O fato de ser a realidade sempre mais abrangente e complexa do que qualquer teoria não implica evidentemente no abandono daquelas, mas na necessidade de sua reformulação constante. As considerações decorrentes de tal abordagem poderão contribuir para que a pesquisa na área não se caracterize por num amontoado de dados empíricos e um vazio teórico, donde a perplexidade constante diante das novas informações. Por outro lado, tal tratamento não poderá cristalizar uma leitura parcial sem que sejam incorporadas outras contribuições.

2. Concepções didáticas: o papel e a natureza das intervenções pedagógicas

Quanto ao segundo elemento de nossa análise, referente ao papel e à natureza das intervenções pedagógicas, podemos identificar três posições didáticas. A primeira delas, tributária do ensino tradicional enfoca fundamentalmente a transmissão de um conhecimento bem estruturado como princípio educativo. Tal perspectiva está centrada na atividade do professor e na característica do conhecimento a ser transmitido. É a apresentação didática e a organização lógica do conteúdo que garante seu aprendizado.

Uma segunda perspectiva inverte esse enfoque, que passa a estar centrado no aprendiz. O motor da aprendizagem estaria não mais no professor mas na atividade do aluno, na maneira pela qual ele interpreta o mundo a sua volta. A intervenção do professor deve existir apenas como

elemento desencadeador de um processo natural e individual de construção de significados. Deve-se fornecer aos alunos, em grupos ou individualmente, a oportunidade para que reflitam a respeito de seu próprio conhecimento, que o compare com o dos colegas, incentivando sua produção e encorajando-os a buscarem novas soluções quando confrontados a problemas genuínos. Sendo assim, a tarefa do ensino é menos a de fornecer aos alunos um modo particular de raciocínio e de resolução de problemas do que encontrar meios que permitirão aos estudantes construir, gradualmente e por si mesmos, os conceitos e teorias científicas. A ênfase dessa abordagem recai sobre a atividade autônoma e auto-estruturante do aprendiz, num ambiente favorável de trocas didáticas.

Levada às suas últimas conseqüências tal perspectiva conduz ao perigoso aforismo segundo o qual cada vez que se explica alguma coisa a uma criança, esta é impedida de inventá-la. Entretanto, não se pode afirmar que esta posição didática conduza necessariamente à uma pedagogia da redescoberta. Em termos mais gerais, a intenção é a de fornecer situações desafiadoras, otimizada por uma organização social cooperativa que pressupõe a igualdade dos participantes.

A primeira perspectiva insiste na transmissão da cultura, entendendo esta como um sistema externo de produção, a segunda resgata as contribuições da psicologia e se volta para o sujeito em seu processo de construção de significados. A terceira perspectiva procura contemplar simultaneamente as dimensões individual e social do conhecimento. A hipótese central, tomada da psicologia soviética, é a de que as funções psicológicas superiores, distintivas da espécie humana, têm origens sócio-culturais, o que não diminui a atividade do sujeito em sua apropriação.

Do ponto de vista da intervenção didática, a diferença reside no papel privilegiado da interação cultural, mediada por adultos escolarizados, como fator necessário à mudança cognitiva (Driver, Asoko, Leach, Mortimer e Scott, 1994). O desafio da atividade pedagógica estaria em fornecer o suporte necessário para a construção de estruturas conceituais mais complexas que a criança seria incapaz de realizar isoladamente. As regulações que permitem o avanço do conhecimento seriam dadas pelo sistema de trocas sociais, sendo apenas progressivamente internalizados, de forma a permitir o uso consciente e deliberado do conhecimento.

Não haveria, nessa perspectiva sócio-interacionista, uma dicotomia entre os estímulos externos, que constituem a intervenção do professor, e o processo interno pelo qual o sujeito incorpora os eventos exteriores a suas estruturas mentais. Na sala de aula, tal enfoque implica no reconhecimento da assimetria das trocas didáticas entre professor e alunos. Tal assimetria não é vista como problemática, uma vez que a negociação entre participantes com diferentes graus de compreensão ou

análise de uma situação seria um fator desencadeador da mudança cognitiva (Newman, Griffin e Cole, 1989).

De acordo com a perspectiva sócio-interacionista, o processo de mudança conceitual não passa apenas por um conjunto de situações experimentais especialmente concebidas de forma a desequilibrar esquemas anteriores e permitir a construção de uma concepção científica, mas principalmente pela maneira pela qual a sala de aula, como uma entidade social, reage a essas situações (Mortimer, 1994). Existe uma pressão social em sala de aula em direção às idéias cientificamente aceitas. Decorre do compromisso do professor e da escola com o paradigma científico, bem como às características, quase sempre ocultas, do contrato didático.

A primeira concepção de intervenção pedagógica, tributária do ensino tradicional, está ausente no repertório das pesquisas em aprendizagem por mudança conceitual no ensino de ciências. As duas outras oferecem uma possibilidade de compreender as diferentes concepções acerca do processo determinam enfoques diferenciados para o ensino de ciências numa perspectiva construtivista. Muito mais do que fornecer rótulos a este ou aquele autor, entendemos que se possa compreender melhor suas diferenças.

Entendemos ainda ser parcial a interpretação segundo a qual o enfoque piagetiano conduziria inevitavelmente ao segundo enfoque apresentado. É preciso deixar claro que Piaget não elabora qualquer teoria para a educação e, se outros autores o fazem baseados em suas contribuições, a elas devem acrescentar várias suposições acerca do desenvolvimento do conhecimento nos contextos específicos da educação escolar levadas a termo por sujeitos-estudantes orientados e assistidos por sujeitos-professores. Como bem assinala Lerner (1995), o saber didático não pode ser deduzido diretamente das contribuições da psicologia embora não possa prescindir dessas. A autora sustenta a falsa dicotomia entre perspectivas de ensino derivadas do construtivismo piagetiano e as contribuições do sócio-interacionismo. Em outros trabalhos (Aguiar, 1995, Saraiva e Aguiar, 1996), procuramos explorar as possibilidades de leitura do problema da mudança conceitual em sala de aula a partir do duplo enfoque derivado da epistemologia genética e do sócio-interacionismo vygotskiano.

3. O *status* das concepções espontâneas: olhando de fora ou por dentro do sistema

Um terceiro elemento de análise das pesquisas consiste em identificar a maneira pela qual os autores interpretam a existência, origem e evolução das concepções espontâneas. A esse respeito, é preciso salientar que boa parte dos modelos de aprendizagem por mudança conceitual pressupõem a existência de uma estrutura alternativa (*alternative frameworks*) subjacente às explicações e respostas fornecidas

espontaneamente pelos sujeitos em testes e entrevistas clínicas. Entretanto, parece não haver acordo quanto ao caráter de tais esquemas conceituais.

Uma primeira interpretação é aquela que adota o referencial científico para avaliar as características das concepções espontâneas. Desta maneira, os "modelos" de raciocínio intuitivo são considerados em termos da linguagem e da lógica da ciência formal, o que resulta numa imagem deformada dos mesmos, como se fossem apenas um arremedo das teorias científicas (Saraiva, 1987). O paralelo do conteúdo das concepções alternativas com teorias científicas já superadas (em geral, relativos ao períodos anteriores ao advento da ciência moderna) reforça esse tipo de visão acerca do pensamento espontâneo. De acordo com essa interpretação, as estratégias de ensino destinadas a promover a mudança conceitual pretendem, num primeiro momento, permitir a expressão de tais modelos e sua tomada de consciência para então desenganá-los, fornecendo um conjunto de anomalias, de forma a criar insatisfação e promover a busca de um modelo explicativo mais adequado.

Guidoni (1985), ao analisar o pensamento espontâneo (*natural thinking*), critica esse tipo de abordagem, afirmando que seria um erro considera-lo como se fosse um sistema teórico coerente a respeito do mundo. Tal equívoco seria a base de modelos de ensino por mudança conceitual como aquele proposto por Posner et al. (1982), cuja fundamentação decorre de uma visão epistemológica de mudança paradigmática na história das ciências. Talvez a mudança mais significativa proposta por Strike e Posner (1992) em sua "teoria revista" do processo de mudança conceitual tenha consistido precisamente em admitir que *"nossa formulação inicial da teoria da mudança conceitual enfatizava a importância da criação de insatisfações com as concepções prévias. Essa ênfase parece ser apropriada apenas se assumimos que as concepções dos estudantes são como paradigmas, no sentido de comporem formas altamente articuladas e suportadas por muitas evidências e uma história de uso bem sucedido (...) Tentar afogar as concepções dos estudantes em um "mar de anomalias" parece não ser a melhor estratégia quando as concepções espontâneas são fracamente conceptualizadas"*(158/159).

A busca compulsiva de coerência parece ser a característica central do modelo inicialmente proposto por Posner et al.. No entanto, ao contrário do pensamento científico, cuja busca de coerência é um traço distintivo, o pensamento natural, por seus propósitos e objetivos, considera sempre a realidade a partir de várias perspectivas distintas. Alguns autores (Millar, 1989; Claxton, 1986; Osborne, 1985), questionam a existência mesmo das estruturas conceituais (*alternative conceptions*²⁴),

²⁴ Driver & Easley (1978) introduziram essa expressão, largamente difundida na literatura. Segundo eles, a expressão serve para descrever uma *"situação na qual a criança desenvolveu de maneira autônoma um marco para conceptualizar sua experiência com o*

e afirmam que o pensamento espontâneo seria melhor descrito por "*memories of an episodic kind*" (Osborne, 1985, p.146), ou por um conjunto de esquemas dependentes do contexto (di Sessa, citado por Driver, 1989). Villani(1992), utilizando a filosofia de Laudan, afirma que a manutenção de perspectivas distintas é uma dimensão comum tanto à ciência quanto ao pensamento espontâneo.

De qualquer maneira, tal discussão se manifesta também nas propostas para encaminhamento de atividades pedagógicas. Enquanto Posner et al.(1982) sugerem que a construção da teoria pressupõe uma confrontação imediata com o conhecimento prévio julgado relevante pelo estudante, Rowell e Dawson (1985) propõem que o conflito cognitivo ocorra apenas após a introdução das concepções científicas.

Outro problema a ser considerado decorre do caráter muitas vezes estático dos "modelos" concebidos para descrever o pensamento espontâneo. Disso resulta um "mosaico de concepções" (Saraiva, 1986), uma espécie de "geografia pré-nocional" (Astolfi & Develay, 1991) que pouco informa a propósito da hierarquia das concepções e das razões para seu progresso. Embora úteis no sentido de informar o ensino, pressupõem o caráter estável e invariável das representações, o que limita suas possibilidades em promover mudanças significativas na educação em ciências.

Pesquisas têm informado ainda que concepções espontâneas surgem muitas vezes da interação com o ensino formal (Dreyfus et al, 1990). Driver e Easley (1978) utilizam o termo *misconception* para designar situações nas quais a criança foi introduzida a modelos ou teorias formais tendo-as assimilado incorretamente. Inicialmente preocupados apenas com o conteúdo específico das noções espontâneas, os autores passaram a considerar também e especialmente os elementos de seu sistema cognitivo que dão suporte à criação, manutenção e validação dos novos conceitos.

De qualquer forma, o conhecimento espontâneo parece cumprir uma função paradoxal nos modelos de aprendizagem por mudança conceitual, como denunciam Pintrich et al (Pintrich, Marx & Boyle, 1993). De um lado, o conhecimento prévio aparece como uma das principais razões das dificuldades encontradas pelos estudantes nos cursos de ciências, de outro lado, ele fornece o marco utilizado para interpretar novos conhecimentos.

Do nosso ponto de vista, a interpretação negativa tem ainda predominado os trabalhos na área. Por exemplo, Champagne et al. (Champagne, Gungstone & Klopfer, 1985, p.62), afirmam que um fator que contribui para as dificuldades dos estudantes no aprendizado da mecânica reside no fato deles iniciarem seus cursos de física com teorias firmemente consolidadas sobre como e porque os objetos se movem. Da

mundo físico"(p.62).Segundo Millar(1989) o termo sugere uma maneira mais rígida e regular de pensamento.

mesma forma, Hashweh (1986, p.229) sustenta que, em certos casos, as concepções prévias dos estudantes podem impedir a aquisição de conceitos científicos. Nessa perspectiva, os conhecimentos espontâneos aparecem como um inimigo a ser combatido, e assume-se implicitamente que o aprendiz com pouco conhecimento do conteúdo a ser ensinado teria poucas barreiras em aprender o novo conteúdo. Pintrich et al. (p. 171) afirmam entretanto que a literatura está repleta de estudos mostrando os efeitos benéficos do conhecimento prévio na aprendizagem de novos conceitos.

As pesquisas em ensino de ciências deveriam apontar para uma dimensão mais favorável quanto aos conhecimentos elaborados pelos alunos dentro ou fora do ambiente escolar, de forma a manter um discurso e uma prática coerente com a perspectiva construtivista em que se diz fundamentar. A noção de *obstáculo epistemológico* de Bachelard (1972/1938) expressa com clareza o fato de que todo conhecimento, uma vez consolidado, encerra obstáculos ao seu progresso. Entretanto, isso não significa que não possam ser exploradas suas potencialidades, nem tampouco reconhecida sua legitimidade.

Uma perspectiva mais recente, inaugurada pelos trabalhos de Solomon (1983, 1987), defende uma cognição contextualizada, segundo a qual o pensamento científico consiste numa esfera que não engloba nem tampouco anula a validade do senso comum. Além de não pressupor a coerência enquanto traço distintivo dos sistemas cognitivos, tal abordagem tem permitido avaliar o pensamento espontâneo a partir de seus próprios objetivos e critérios de validação.

4. Mudança conceitual em sala de aula: o que isso significa?

As diferenças apontadas nas seções precedentes determinam enfoques diferenciados quanto ao que se pretende com a expressão "mudança conceitual". Podemos dizer que, quanto aos objetivos identificados para o ensino de ciências, os modelos de aprendizagem por mudança conceitual apresentam uma clara evolução. A perspectiva mais ingênua na área considerava o processo de mudança conceitual como uma troca de concepções, assim como se troca uma peça defeituosa em uma máquina.

Em razão das dificuldades encontradas para efetivar as mudanças pretendidas e da pesquisa sistemática relativa ao como e ao por quê de tais construções, o olhar passou a ser dirigido mais aos pressupostos ontológicos e epistemológicos que dão suporte ao conhecimento de senso comum. Nesse sentido, a mudança conceitual passa a ser entendida como "mudança metodológica"(Gil-Perez,1993; Villani,1992; Hashweh, 1986), como mudança no "quadro epistêmico"(Dèsaultels e Larochele, 1990) ou ainda enquanto mudança na "ecologia conceitual" do sujeito(Hewson, 1985; Strike & Posner, 1992).

Mesmo assim, para boa parte dos autores, a avaliação era ainda a de que o olhar da ciência deveria se impor sobre o conhecimento comum, de forma que, ao final do processo, o estudante se convencesse da superioridade do conhecimento científico abandonando definitivamente a velha maneira de encarar os fenômenos.

Outra tendência dos trabalhos em curso parece finalmente admitir a coexistência das duas formas de conhecer o mundo. O objetivo do ensino de ciências estaria portanto em ampliar as possibilidades do sujeito, dando-lhe acesso às maneiras de explicar o real consagradas historicamente pela ciência e, ao mesmo tempo, permitindo distinguir os contextos nos quais um conceito particular se mostra adequado. Embora fazendo a crítica ao modelo original de aprendizagem por mudança conceitual, entendemos que tais trabalhos se situam ainda nesse campo, desde que entendamos a expressão "mudança conceitual" num sentido mais amplo de transformações no sistema conceitual que um indivíduo utiliza para interpretar e agir sobre o real nas várias instâncias de sua vida social.

São essas as diferenças que julgamos crucial analisar para que a mudança conceitual não seja apenas um chavão no ensino de ciências, mas que resulte em opções claras quanto às várias posições existentes. Na revisão que fizemos, em lugar de posições cristalizadas encontramos uma diversidade insuspeita quanto aos vários elementos que permitem formular uma intervenção pedagógica conseqüente no ensino de ciências. Além disso, nos foi possível constatar um questionamento de seus pressupostos iniciais e uma renovação dos problemas a serem investigados. Do nosso ponto de vista, a diversidade em seu tratamento é positiva apenas na medida em que for claramente enunciada, de forma a permitir a coordenação desses pontos de vista ou, em caso de incompatibilidade, a escolha consciente de um referencial que nos pareça mais apropriado ao contexto da sala de aula.

Por outro lado, infelizmente subsistem ainda vários problemas especialmente quando se trata de aprofundar os mecanismos psicológicos que permitem ao sujeito a evolução de suas estruturas conceituais, bem como a interpretação cristalizada dos "modelos" de raciocínio espontâneo, sem que se aprofunde na sua interpretação. Além disso, apesar da discussão epistemológica suscitada pelo construtivismo, podemos constatar que a ruptura com o velho paradigma empírico-indutivista ainda não se completou. Tais questões são cruciais se pretendemos formular uma nova concepção para a educação em ciências.

Bibliografia

- AGUIAR Jr., O. (1995) - Mudança conceitual em sala de aula: o ensino de ciências numa perspectiva construtivista. Dissertação (mestrado), CEFET-MG.

- ASTOLFI, J.P. & DEVELAY, M. (1991) - A Didática das Ciências. Trad. Magda S. Fonseca, Campinas, Papirus, 2ª ed.
- BACHELARD, G. (1972) - La formación del espíritu científico - contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo. Trad. Jose Babini. Buenos Aires, Siglo XXI, (original publicado em 1938).
- BAR, ZINN, GOLDMUNTZ & SNEIDER (1994) - Children's' concepts about weight and free fall. In: Science Education, 78(2): 149-169.
- CHAMPAGNE, A. GUNSTONE, R. & KLOPPER, L. (1985) - Instructional consequences of students' knowledge about physical phenomena. In: West, L. & Pines, L. (ed.) Cognitive Structure and Conceptual Change. London, Academic Press.
- DÉSAUTELS, J. & LAROCHELLE, M. (1990) - A constructivist pedagogical strategy: the Epistemological Disturbance (experiment and preliminary results). In: Herget, D.E. (ed.) More History and Philosophy of Science in Science Teaching, Florida State University, Tallahassee.
- DREYFUS, A. JUNGWIRTH, E. & ELIOVITCH, R. (1990) - Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change - some implications, difficulties and problems. In: Science Education, 74(5): 555-569.
- DRIVER, R. (1989) - Students' conceptions and the learning of science. In: International Journal of science education, 11(5): 481-490.
- DRIVER, R. & EASLEY, J. (1978) - Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. In Studies in Science Education, 5: 61-84.
- DRIVER, R. ASOCKO, H. LEACH, J. MORTIMER, E. & SCOTT, P. (1994) - Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. In: Educational Researcher, 23(7): 5-12, October 1994.
- GIL-PÉREZ, D. (1993) - Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. In: Enseñanza de las Ciencias, 11(2): 197-212.
- GILBERT, J.K. & WATTS, M. (1983) - Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. In: Studies in Science Education, 10: 61-98.
- GUIDONI, P. (1985) - On natural thinking. In: European Journal of Science Education, 7(2): 133-140.
- HASHWEH, M. (1986) - Toward an explanation of conceptual change. In: European Journal of Science Education, 8(3): 229-249.
- HEWSON, P.W. (1985) - Epistemological commitments in the learning of science: examples from dynamics. In: European Journal of Science Education, 7(2): 163-172.

- INHELDER, B. GARCIA, R. VONECHE, J. (1976) - Epistemologia Genética e Equilíbrio, Lisboa, Livros Horizonte.
- KUHN, T.S (1975) - A Estrutura das Revoluções Científicas. Trad. Beatriz V. Boeira e Nelson Boeira. São Paulo, Perspectiva (original publicado em 1962 e ampliado em 1969).
- LERNER, D.(1995) - O ensino e o aprendizado escolar: argumentos contra uma falsa oposição. In: Piaget e Vygotsky: novas contribuições para o debate. São Paulo, Ed.Ática.
- MILLAR, R. (1989) - Constructive criticisms. In: International Journal of Science Education, 11(5): 587-590.
- MORTIMER, E.F. (1994) - Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais. Tese (doutorado), Faculdade de Educação da USP.
- NEWMAN, D GRIFFIN, P & COLE, M. (1989) - The construction zone: working for cognitive change in scholl. Cambridge, Cambridge University Press.
- PINTRICH, P. MARX, R. & BOYLE, R. (1993) - Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. In: Review of Educational Research, 63 (2): 167-199.
- POSNER, G. STRIKE, K. HEWSON, P. & HERTZOG, W. (1982) - Accommodation of a Scientific conception: toward a Theory of Conceptual Change. In: Science Education, 66(2): 211-227.
- ROWELL, J.A. (1989) - Piagetian Epistemology: equilibration and the teaching of science. Synthese, 80: 141-162.
- ROWELL, J. & DAWSON, C. (1983) - Laboratory counter examples and the growth of understanding in science. in: European Journal of Science Education, 5 (2): 203-215.
- SARAIVA, J.A.F (1987) - A teoria de Piaget como sistema de referência para compreensão da "Física intuitiva". São Paulo, Inst. de Física e Fac. de Educação da USP, dissertação de mestrado.
- SARAIVA, J.A.F (1991) - Piaget e o Ensino de Ciências: elementos para uma pedagogia construtivista. São Paulo, Fac. de Educação da USP, tese de doutorado.
- SARAIVA, J.F. e AGUIAR, Jr. O. (1996) - Referenciais teóricos para o tratamento da mudança conceitual em sala de aula. CECIMIG, mimeog.
- SCOTT, P. ASOKO, H. & DRIVER, R. (1991) - Teaching for conceptual change: a review of strategies. In: Duit, R. Goldeber, F. & Niedderer, H.(eds.) Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies - Proceedings of the International Workshop held at the University of Bremen, March, 1991, p. 310-329.

- STAVY,R. (1990) - Children's conception of changes in the state of matter: from liquid (or solid) to gas. In: Journal of Research in Science Teaching, 27(3): 247-266.
- STRIKE,K. & POSNER,G. (1992) - A revisionist Theory of Conceptual Change. In: Duschl, R. & Hamilton, R.(ed.) Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice, N. York, Sunny Press.
- VILLANI, A. (1992) - Conceptual change in science and science education. In: Science Education, 76(2): 223-237.

Painéis

VERIFICAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE CONCEITOS ESPONTÂNEOS POR CONCEITOS CIENTÍFICOS EM UM CURSO DE ÓTICA GEOMÉTRICA

Jésus de Oliveira e Sérgio L. Talim (*talim@coltec.ufmg.br*)
Setor de Física - Colégio Técnico - UFMG
Av. Antônio Carlos 6627 - Belo Horizonte, MG - CEP 31270.010

Introdução

Nossa pretensão foi organizar um curso introdutório de ótica visando o objetivo de introduzir o estudo desta ciência como uma parte significativa da educação geral dos estudantes. O curso foi aplicado a professores de ciências que trabalham de 5ª a 8ª série do primeiro grau, que ensinam esta matéria em sua disciplina.

Procuramos dar ênfase aos processos ligados à interpretação das informações recebidas do nosso meio ambiente pelo sentido da visão. Dada a importância e a quantidade dessas informações, as pessoas elaboram, muito cedo, conceitos e modelos espontâneos dos fenômenos óticos^{1, 2, 3}, que muito frequentemente estão em conflito com os modelos e conceitos da Física oficial. Por exemplo, foram detectados entre estudantes de 13 e 14 anos a existência de três modelos que pretende explicar a visão: o modelo do banho de luz que não atribui papel algum ao olho, basta a presença da luz para que os objetos sejam vistos, um segundo modelo que atribui à luz a função de iluminar os objetos permanecendo o olho sem função, e um terceiro modelo que admite que o olho participa da iluminação dos objetos.

A experiência tem demonstrado que os cursos introdutórios de ótica não modificam de modo significativo a situação, por não terem a intenção clara de atuar neste campo. Nossa experiência demonstrou também que uma parcela razoável dos estudantes já têm um modelo dos processos de visão correto e coerente com as concepções científicas⁴.

Organização do curso

Procuramos utilizar uma metodologia baseada na atividade do aluno fazendo sugestões de trabalhos experimentais, de investigações práticas e de discussão de problemas e dificuldades ligadas ao processo de visão e à formação e interpretação de imagens. Os textos apresentados são bastante sucintos, mas há uma lista grande de problemas, questões e observações experimentais envolvendo equipamentos simples. Este modelo tem como objetivo motivar os alunos.

Os assuntos que tratamos no curso são:

1. Fontes de luz - um texto curto de introdução seguido de observações experimentais de algumas fontes incandescente

- e fluorescente de luz com a intenção de relacionar luz com a temperatura da fonte, e algumas questões de discussão;
2. A visão - um resumo histórico breve a respeito do processo da visão e de como dois olhos formam uma imagem única, e algumas questões de discussão;
 3. Propagação retilínea e raios de luz - são experiências que levam à noção de que a luz se propaga em linha reta em meios homogêneos, formação de sombras e explicação de eclipses, e algumas questões de discussão;
 4. Materiais transparentes e coloridos - discute-se e observa-se a absorção e reflexão da luz pelos materiais transparentes e coloridos, e algumas questões de discussão;
 5. Velocidade de propagação e alcance da luz - um breve histórico da idéia de velocidade finita da luz e considerações sobre o alcance da luz, e algumas questões de discussão;
 6. Independência dos raios luminosos e localização de objetos pela visão - discute-se como o olho obtém informações de distância através da acomodação da visão, e algumas questões de discussão;
 7. Reflexão e refração da luz - três capítulos onde se trabalham a formação de imagens em espelhos planos e curvos e prismas, afim de formar as bases para a discussão da formação de imagens nos instrumentos óticos, e várias questões de discussão;
 8. Lentes e instrumentos óticos - são observadas a formação de imagens por lentes, lupas, microscópio e telescópio, discutindo-se o conceito de ampliação e dificuldades de interpretação das imagens seguidos de algumas questões de discussão.

Aplicação e avaliação do curso

Este curso foi aplicado a três turmas de professores de ciência participantes de um curso de capacitação de 45 horas de professores da rede estadual de ensino de Minas Gerais, totalizando 32 professores. Para avaliar o sucesso do curso na substituição de conceitos espontâneos por conceitos científicos, aplicamos um pré-teste⁴ que foi uma modificação de um teste originalmente publicado por Harres⁵. Este teste consiste de 15 questões de múltipla escolha que mede a presença de conceitos espontâneos sobre o processo da visão, a propagação retilínea da luz, a velocidade finita e o alcance da luz, e a formação de imagens por espelhos planos. Um escore elevado neste teste mostra a ausência de conceitos espontâneos e a presença de conceitos científicos. O pré-teste não foi discutido nem os seus resultados foram divulgados para os alunos, que ao final entregavam todo o material do teste ao instrutor.

Após o curso o teste foi reaplicado (agora como um pós-teste) e os resultados dos dois testes foram comparados. Uma das turmas (6 alunos), não fez o pré-teste e o resultado no teste final não foi significamente diferente das outras turmas mostrando que o efeito de memória não é relevante neste caso.

Resultados e conclusão

O pré-teste foi corrigido e teve como média do grupo total 8,4 e desvio padrão 2,8. Estes resultados estão de acordo com os obtidos antes por nós em um estudo sobre as concepções espontâneas de alunos de segundo grau sobre ótica⁴, mostrando que os cursos formais de ótica não modificaram muito as concepções espontâneas.

O pós-teste foi corrigido e teve como média do grupo total 14,1 e desvio padrão 2,1. Comparando com o resultado do pré-teste, notamos que houve uma diferença significativa (mesmo do ponto de vista estatístico) entre o desempenho do grupo antes e depois do curso.

Os resultados obtidos nos levam a acreditar que o curso teve sucesso no seu objetivo de provocar uma mudança nas concepções espontâneas do grupo sobre os assuntos introdutórios de ótica.

Referências

1. DIVER R., GUESNE E., Tiberghien., **Ideas Científicas en la Infancia y la Adoloescencia - La Luz**. Ediciones Morata, S.A. (1989). Madrid.
2. BARROS, S.L.S., GOULART, S.M., DIAS, E.C.N., Conceitos espontâneos da criança sobre fenômenos relativos à luz : análise qualitativa. *Cad. Cat. Ens. Fis.*, 3 (3) : 138-159, 1989.
3. HARRES, J.B.S., **Introdução à ótica Geométrica**, Editora Grafen.
4. OLIVEIRA, J., TALIM, S.L., Crítica E Validação De Um Teste Para Detectar Conceitos Espontâneos Em Ótica. *Atas do V Encontro Nacional de Pesquisadores em ensino de Física*, dezembro, 1996.
5. HARRES, J.B.S., Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de ótica geométrica. *Cad. Cat. Ens. Fis.*, 10 (3) : 220-234, 1993.

UM MODELO SIMPLES E DE BAIXO CUSTO PARA O TUBO DE RAIOS CATÓDICOS - CONSTRUÇÃO E APLICAÇÕES

Ferdinand Martins da Silva (*ferd@if.usp.br*)
Maria Beatriz Fagundes (*beatriz@if.usp.br*)
Norberto Cardoso Ferreira (*norberto@if.usp.br*)
Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Histórico

O tubo de raios catódicos, um instrumento bastante utilizado no desenvolvimento da teoria quântica, envolve a interação da radiação eletromagnética com a matéria.

A partir da segunda metade do século XIX, a exploração da condução de eletricidade através dos gases tornou-se uma prática popular entre os pesquisadores. Os arranjos experimentais utilizados eram constituídos, basicamente, por dois eletrodos carregados com cargas opostas, inseridos em um tubo lacrado preenchido por um gás qualquer (ar por exemplo) a baixa pressão.

A aplicação de uma alta tensão entre dois eletrodos produz um fluxo de corrente através do gás. Devido aos efeitos dessa corrente, observa-se o aparecimento de camadas brilhantes no gás.

Esse efeito despertou a curiosidade dos físicos e proporcionou o desenvolvimento desses tipos de arranjos. O tubo de raios catódicos foi também utilizado na comprovação do modelo corpuscular do elétron.

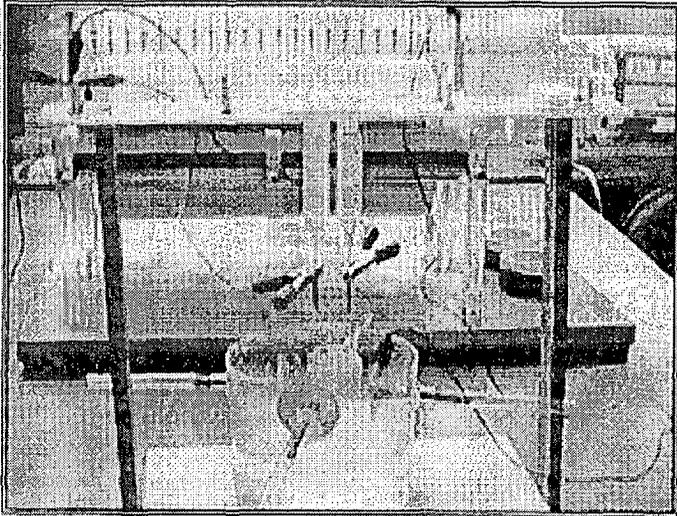
Atualmente, montagens muito semelhantes às aquelas desenvolvidas com finalidade de pesquisa, foram adaptadas para serem utilizadas nos aparelhos de televisão, são os conhecidos tubos de raios catódicos e são responsáveis pela formação da imagem na tela. O tubo tem a função de produzir a imagem vista na tela a partir da deflexão de um feixe de elétrons acelerados no seu interior. O choque desses elétrons com a superfície interna, recoberta com um material fotoluminescente, provoca a emissão de luz.

Este aparelho, com o circuito associado, forma também a base do osciloscópio, instrumento largamente usado em laboratório para observação e medida de variações de voltagem muito rápidas.

A tela de um aparelho de televisão é semelhante ao tubo do osciloscópio, exceto que o feixe é defletido por campos magnéticos. A voltagem de aceleração em tubos de televisores a cores é tipicamente de 20 a 25 kV.

Preocupados com a deficiência de materiais de apoio para atividades experimentais no ensino de Física nas escolas, procuramos desenvolver uma montagem, dentro da filosofia do projeto RIPE de produzir materiais de baixo custo, que possa ser utilizada como um modelo para o estudo do tubo de raios catódicos.

Este modelo, embora bastante simplificado em relação ao tubo real, além de proporcionar várias combinações e possibilidades de utilização - algumas das quais estão descritas mais adiante - pode ser explorado, durante sua construção, no estudo de alguns fenômenos físicos, principalmente elétricos.



Modelo do tubo de Raios Catódicos

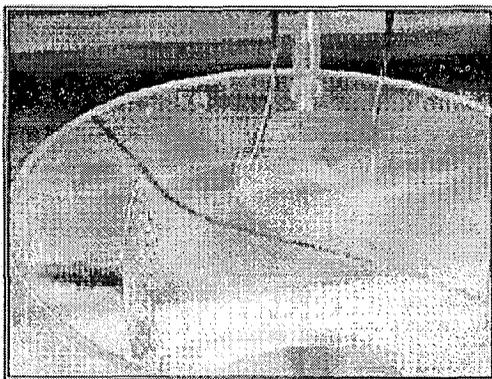
Nos propomos, com esse trabalho, oferecer um modelo através do qual possam ser explorados, mais especificamente, os fenômenos relacionados a eletrização e a deflexão do feixe de elétrons sob a ação de campos elétricos. Para isso desenvolvemos uma montagem baseada na analogia entre um feixe estreito eletrizado de água e um feixe colimado de elétrons, ambos sob a ação de um campo elétrico externo gerado entre placas metálicas carregadas.

Funcionamento do modelo - Gotas como elétrons

No nosso modelo utilizamos um feixe de água eletrizada, obtido através de uma máquina eletrostática, em substituição ao feixe de elétrons.

Essa máquina produz cargas elétricas por atrito que podem ser transferidas, através de fios condutores, para outros corpos, permitindo assim carregá-los positivamente ou negativamente.

No modelo proposto as seringas são preenchidas com água e as placas eletrizadas com a máquina eletrostática, produzindo-se uma diferença de potencial entre elas. Os filetes de água são, então, direcionados para a região entre as placas. Notamos, assim, a deflexão dos feixes de água, como mostra a figura abaixo:



Deflexão do feixe de água

A deflexão, ou seja, o comportamento do filete de água, como mostra a figura a baixo.

A deflexão, ou seja, o comportamento do filete de água está relacionado com campo elétrico existente entre as placas.

Na descrição abaixo apresentamos uma comparação entre o modelo proposto e o tubo de raios catódicos procurando relacionar as diversas partes constituintes dos mesmos:

Tubo de Raios Catódicos (TRC)

Aquecedor ou filamento

Catodo

Placas de deflexão horizontal

Placas de deflexão vertical

Feixe de elétrons

Camada metálica

Tela fluorescente

Modelo Proposto

Seringa

Fio de seringa agulha

Placas cilíndricas

Placas cilíndricas

Filete de água

Laterais do recipiente

Fundo do recipiente

Essa analogia poderá ser vista a partir dos experimentos que serão realizados com o modelo proposto.

Conclusão

Acreditamos que essa proposta possa contribuir para o ensino de conceitos de física proporcionando, aos professores e aos alunos, uma oportunidade de aprender a partir da construção e manuseio da experiência.

Nesse sentido, pretendemos superar as dificuldades da falta de materiais didáticos utilizando materiais de baixo custo e fácil aquisição, desmistificando a concepção de que o ensino de física experimental necessita de instrumentos sofisticados para sua realização.

PROBLEMAS ABERTOS EM INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Fernando Cesar Ferreira¹ (fcesar@if.usp.br)

Moacyr Ribeiro do Valle Filho²

1 - IF/FE-USP

2 - USP

Não há necessidade de reafirmar que a física apresentada no 2º grau está distante da física que é praticada nos laboratórios e centros de pesquisa, tanto em termos ontológicos como metodológicos. A física da escola já conhece os resultados de seus experimentos e suas teorias são freqüentemente apresentadas como *cientificamente corretas* e a prova de erros. Além desta visão deformada de ciência que é transmitida na escola, deveríamos nos perguntar até que ponto esta física está próxima do aluno num sentido que considere a sua visão de mundo, o seu imaginário e suas fantasias? Não apenas as suas concepções espontâneas sobre força, calor ou eletricidade, mas qual a importância destes conceitos na sua estrutura cognitiva. Estas questões nos levam a Bachelard e a sua *Poética do Espaço* (1978, p. 258), quando este nos fala sobre o ninho: “Quantas vezes no meu jardim, conheci a decepção de descobrir um ninho *muito tarde*. Já chegou o outono, a folhagem já se torna menos densa. No ângulo formado por dois galhos, eis um ninho abandonado. Portanto, eles estavam ali, o pai, a mãe e os filhotes e eu não os vi.”

Utilizando em parte o modelo de resolução de problema abertos, apresentado por Gil Pérez (1987), propusemos situações de abordagem onde são discutidos, com os alunos, fenômenos da indução eletromagnética. Em princípio, a indução apresenta um fator motivador imediato: vivemos imersos em ondas eletromagnéticas, nossa casa, empresa ou escritório funcionam a partir de dispositivos eletromagnéticos e o irônico é a pouca importância que isto *parece* ter em nossas vidas. A primeira é a apresentação da experiência do anel saltante; uma bobina, um conjunto de anéis metálicos (um de alumínio e dois de cobre). O aluno observa o salto do anel quando é fechado o circuito da bobina que está ligada a rede elétrica e a partir deste ponto tenta responder a questão que organiza toda a entrevista:

O que faz o anel pular?

Na segunda situação abdica-se do aparato experimental para introduzir a combinação de um *gênero literário* e *afirmações científicas* suficientemente gerais para constituir o enunciado de um problema aberto. Note-se que a primeira situação, além de um levantamento de concepções espontâneas e de temas de interesse para o aluno já é um problema aberto: envolve a análise qualitativa e o levantamento de hipóteses fundamentadas sobre o fenômeno. Nesta segunda entrevista

busca-se tanto resgatar as lembranças que os alunos guardaram da primeira situação como verificar quais as possibilidades que o enunciado do problema abre para a compreensão, ainda a nível qualitativo, do fenômeno da indução eletromagnética. Para a entrevista selecionamos 29 alunos alunas (os) de magistério de uma escola da rede estadual de São Paulo. A intenção de utilizar alunos de magistério baseia-se nas possibilidades que os problemas abertos apresentam para a compreensão *global* de conceitos físicos, tão necessária a estes futuros professores nas séries iniciais.

Encontramos nos resultados idéias semelhantes aquelas descritas por outros pesquisadores sobre as concepções que os alunos tem sobre eletricidade e magnetismo, além das interpretações específicas para o fenômeno:

- os alunos colocam no mesmo nível conceitos como força, corrente elétrica, campo magnético e energia. Sentem dificuldade para estabelecer uma conceituação um pouco mais precisa ou algum tipo de relação entre eles;
- afirmam que a energia da bobina precisa de um condutor para ser transmitida. Uma bobina secundária com led's soldados nos terminais *precisa* estar encaixada no núcleo de ferro para que eles acendam quando o circuito da bobina principal for acionado;
- confusão com pólos: a atração ou repulsão provocada por dois ímãs é descrita pelos alunos como sendo provocada por cargas elétricas de sinais opostos ou iguais. Na maioria dos casos fazem referência a apenas uma carga;
- uma *força*, *pressão*, *força dentro do campo magnético* ou a própria eletricidade são os responsáveis pela repulsão do anel;
- ainda que não tenham utilizado a palavra *campo* descrevem a presença de uma *região de influência* em torno da bobina;
- afirmam que a energia da bobina pode *sair* pelas extremidades do núcleo de ferro em uma linha que segue a direção da repulsão do anel.

Os resultados da segunda rodada de entrevistas *indicam* que alguns alunos perceberam certas características do campo, além disso aceitaram bem a inserção do gênero literário na atividade. Percebe-se o uso de certas metáforas interessantes. Transcrevemos alguns trechos:

GIS (17 anos) ao falar da “reação dos elétrons à matéria” (ação de um campo elétrico):

Então, um bando de elétrons...

GIS: Um monte.

Isso, um monte. Resolveu reagir...

GIS: Como se fosse uma briga. Um dado elétron queria combater a tirania, é isso? Da matéria. Então houve uma briga entre os dois. Foi isso?

Tá, uma briga. E puseram-se em movimento...

GIS: Porque em uma briga não fica só entre eles, sempre pega ao redor das coisas.

Isso.

GIS: Ah, captamos. Que mais?

Depois que eles começaram a brigar?

GIS: Vai se alastrando. Se o elétron ganha da tirania? Meu Deus. É como se fosse... tivesse aquela briga e começasse a soltar bombas, ia pegar ao redor das coisas.

VIV (16 anos) a respeito da imagem de campo:

Quando você foi lendo (o enunciado do problema aberto), o que foi passando na sua cabeça?

VIV: Ah, eu entendi um pouco... o que eu não entendi mesmo foi as cargas elétricas em movimento geram magnetismo, assim, quando elas estão em movimento não deixam... forma assim tipo um campo que não passa nada?

É, forma um campo, um campo magnético... mas como assim não deixa passar nada?

VIV: Não sei explicar... como, assim, na atmosfera. Tem coisas que não passam pela atmosfera. Agora no campo magnético tem como não passar as coisas? (...)

Na segunda, surgiu alguma imagem?

VIV: Ah, foi assim que nem um cometa que veio na minha cabeça. Que parece uma bola de fogo que forma com ele e aí quando eles se chocam eles se quebram. Se partem.

Esperamos que, a partir do cruzamento e análise detalhada dos resultados obtidos possamos elaborar estratégias de resolução de problemas em nível quantitativo e formal.

Referências Bibliográficas

- BACHELARD, G. **A poética do espaço em Os pensadores**. São Paulo: Editora Abril, 1978.
- FEYNMAN, R. P. **Física - volume II**. Delaware, E.U.A: Addison-Wesley Iberoamericana, 1987.
- GIL PÉREZ, DANIEL; TORREGROSA, JOAQUIN MARTINEZ. **La resolucion de problemas de física: una didáctica alternativa**. Madrid/Barcelona: Ediciones Vicens-Vives S.A., 1987.
- MENESES VILLAGRÁ, J. Secuencia de enseñanza sobre el electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 1995, 13 (1), 36-45.
- MORTIMER, E. F. *Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 1, n 1, abril de 1996.
- NARDI, A. A gênese, a psicogênese e a aprendizagem do conceito de campo: subsídios para a construção do ensino desse conceito. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 7 (número especial), jun 1990, 46-69.
- RODARI, G. **Gramática da fantasia**. São Paulo: Summus Editorial, 1982.

IDENTIFICAÇÃO DE MODELOS MENTAIS EM ALUNOS DE FÍSICA GERAL, NA ÁREA DE MECÂNICA

Isabel Krey, Marco Antonio Moreira, Ileana Greca, Maria do Carmo B. Lagreca, Mauro Costa
de Andrade, Alessandro Aquino Bucussi, Luciana Mallmann

Instituto de Física - UFRGS

Caixa Postal 15051

CEP 91501-970 POA-RS

Resumo

Trata-se de um estudo preliminar realizado com base na Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird (1983). Seu objetivo geral foi de tentar identificar modelos mentais referentes a alguns conceitos físicos (na área de Mecânica) utilizados por estudantes universitários. Trabalhamos em situação real de sala de aula desenvolvendo, além das atividades usuais de avaliação da disciplina, diversas atividades tais como elaboração de mapas conceituais, práticas experimentais orientadas, monitoria e entrevistas com a finalidade de inferir modelos mentais utilizados pelo alunos. Aparentemente alguns alunos simplesmente não formam modelos mentais dos conceitos científicos, enquanto outros os formam, porém, não modelos integrados de toda disciplina, mas sim modelos parecidos aos científicos apenas para certos tipos de problemas. Mais detalhes são apresentados nos resultados.

Introdução

As pesquisas em ensino de ciências nos últimos anos referem-se principalmente às idéias sobre os fenômenos físicos que os alunos trazem para sala de aula e que são construídas a partir de suas experiências, as chamadas concepções alternativas. Nelas tem-se verificado que estas idéias intuitivas são muito resistentes, pois um número elevado de alunos, tanto ao nível de 2º como de 3º grau, após o período instrucional, voltam a explicar as situações físicas baseando-se em suas idéias intuitivas. Concluiu-se, então, que para os alunos compreenderem os conceitos e estruturas conceituais da Ciência seria necessário uma mudança conceitual, ou seja, a mudança das concepções alternativas que os alunos possuem para concepções cientificamente aceitas.

Surgiram, assim, estratégias para esta mudança de concepções, sendo o modelo de conflito cognitivo (Nussbaum, 1989) e o modelo de Posner et al (1982) as duas principais estratégias que, segundo Moreira (1993), sugerem a mudança conceitual como uma substituição de uma concepção por outra na estrutura cognitiva do aprendiz.

Pesquisas nacionais e internacionais, e uma revisão bibliográfica realizada por Duit (1993), mostraram que as estratégias propostas pouco contribuíram para uma mudança conceitual. É possível que estas estratégias não tenham atingido seu objetivo devido a má colocação das

questões sobre os processos de aprendizagem das estruturas conceituais, parecendo necessário estudar e pesquisar quais são estes processos (Moreira, 1994). Diante da fragilidade dos resultados em termos de mudança conceitual, baseados explícita ou implicitamente em teorias de desenvolvimento cognitivo, como por exemplo, Piaget, Ausubel, Vygotski, nesta pesquisa optou-se por um outro ponto de vista baseado na teoria de modelos mentais de Johnson-Laird (1983). Segundo esta teoria, seria possível inferir quais são as representações mentais dos alunos - tanto as que correspondem às concepções alternativas quanto as construídas a partir dos conhecimentos científicos ensinados - em termos de modelos mentais, imagens e proposições. Talvez isto possa nos ajudar a entender o processo de construção e a possível mudança dessas representações, assim como verificar qual o papel delas no processo de aprendizagem.

A seguir, apresentaremos noções básicas da teoria de Johnson-Laird e, após, alguns resultados preliminares.

A Teoria de Modelos Mentais de Johnson-Laird

A formulação moderna do conceito de modelo mental deve-se às idéias de Kenneth Craik (1943). Ele diz que os seres humanos traduzem eventos externos em modelos internos e raciocinam manipulando estas representações, ou seja, traduzindo os símbolos resultantes dessa manipulação de representações em ações ou avaliações de fatos externos.

Johnson-Laird, a partir desta idéia diz que a compreensão está, essencialmente, baseada na existência de um "modelo de trabalho" na mente de quem compreende. Quando se explica algo a alguém é necessário dar uma espécie de manual ou receita para que essa pessoa seja capaz de construir um modelo de trabalho. Esse manual pode ser bem ou mal sucedido, dependendo do conhecimento e habilidade da pessoa para compreendê-lo.

Os modelos mentais são estruturas simbólicas internas, e por isso, quando "observamos" o mundo, estamos "observando" uma representação dele, conforme nossos modelos, formada pelo que sabemos, o que conhecemos ou imaginamos. Então, nosso mundo é limitado pelo limite de nossos modelos de mundo e estes modelos podem ser construídos como resultado da percepção, da interação com pessoas ou coisas e da experiência interna.

Na teoria de Johnson-Laird, um modelo mental pode ser definido como uma representação de um conhecimento, a longo ou a curto prazo, que satisfaz as seguintes condições:

1. sua estrutura corresponde à estrutura da situação que ele representa; é um análogo estrutural dessa situação;
2. ele pode consistir de elementos correspondentes a entidades perceptíveis (neste caso ele pode ser concebido como uma imagem perceptível ou imaginária), ou ele pode conter elementos correspondentes a noções abstratas, cujo

significado depende dos procedimentos para manipulação dos modelos;

3. ao contrário de outras formas de representações, os modelos não contém variáveis.

Para Johnson-Laird, existem, além dos modelos mentais, pelo menos outros dois tipos de representações internas (mentais): as representações proposicionais e as imagens.

As representações proposicionais são geralmente interpretadas como representações mentais que consistem em cadeias de símbolos. Estas representações são interpretadas à luz de modelos mentais, de modo que entendê-las é saber como seria o mundo caso elas fossem verdadeiras.

As imagens são interpretadas como uma perspectiva particular de um modelo, representando aspectos perceptíveis dos objetos. São muito específicas e não possuem capacidade explicativa, pois são “visões do modelo”.

Poderíamos dizer que as representações proposicionais são seqüências de símbolos que correspondem à linguagem natural, os modelos mentais são estruturas análogas a estados de coisas do mundo e as imagens são correlativos dos modelos desde um particular ponto de vista.

Então, segundo a teoria dos modelos mentais, pensar em termos de uma teoria científica implica a construção de modelos mentais. Os conceitos científicos podem ser, e na maioria das vezes são, codificados proposicionalmente (nos enunciados de princípios ou em formulações matemáticas), no entanto, para compreendê-los e interpretá-los necessitamos construir um modelo mental da situação física correspondente. Se os alunos não conseguem formar um modelo mental das estruturas conceituais apresentadas durante as aulas, não chegarão a compreendê-las, embora possam manipular leis e fórmulas matemáticas muito bem (seria uma operação somente a nível de representações proposicionais).

Neste trabalho preliminar tentamos identificar modelos que os alunos possuíam acerca de conceitos envolvidos na Mecânica Newtoniana. Estes modelos poderiam ser tanto aqueles que eles trazem para sala de aula, ou seja, os modelos que os alunos já possuíam para explicar fenômenos cotidianos e que muitas vezes conflitam com o que é ensinado na aula, como modelos que pudessem vir a ser formados durante a instrução. Outra das nossas hipóteses era que os alunos que não formassem modelos, onde os princípios da teoria fizessem sentido, tenderiam a trabalhar só a nível de representações proposicionais, voltando para seus modelos “intuitivos” em situações ou contextos diferentes daqueles onde tivessem que aplicar só fórmulas.

Metodologia

Trabalhamos com um grupo de 12 estudantes de engenharia cursando a disciplina de Física Geral I sob a modalidade de "Método Keller". Nesta modalidade, os alunos estudam sozinhos, não há aulas teóricas, e avançam na disciplina conforme são aprovados nas avaliações (testes) de cada unidade (Moreira, 1983) que são baseadas no livro de Halliday e Resnick (1994). O curso foi dividido em 21 unidades: um grupo de monitores colaborou com o professor²⁵. Os testes das unidades continham problemas tradicionais (do tipo Halliday e Resnick) e problemas e/ou questões conceituais. Durante o curso foram recolhidos todos os testes que os alunos fizeram e para obter o máximo de informação "livre" por parte dos alunos (ou seja, explicações não muito padronizadas) começamos a agregar perguntas abertas, como por exemplo: "Explique, com palavras, fórmulas e/ou desenhos o que você entende por...". A idéia nestes casos, era ver se as respostas tinham algum tipo de elaboração pessoal, que pudesse ser reflexo de um modelo subjacente, ou eram simplesmente reflexo do que aparecia no livro. Como observamos que os alunos, após falar com os monitores, mudavam suas respostas, apagando as originais, passamos a guardar também estas, solicitando-lhes que as novas respostas estivessem em folhas a parte.

Em três momentos do curso - antes de começar os capítulos correspondentes às leis de conservação, após estas e ao final do curso - os testes incluíam um item que consistia na confecção de um mapa conceitual. Os alunos escolhiam, dentre os conceitos estudados até esta parte do curso, de 6 a 10 conceitos que julgavam mais importantes. Segundo um estudo anterior (Moreira e Greca, 1996), os mapas conceituais poderiam servir como indicadores do grau de modelização mental dos alunos em tarefas de Física.

Após o último teste, os alunos foram entrevistados individualmente durante 20-25 minutos. Nestas entrevistas, que foram gravadas, os pesquisadores propuseram uma série de problemas, desde aqueles mais similares aos resolvidos durante o curso até outros superficialmente distintos, mas que exigiam a aplicação do mesmo sistema conceitual. Uma vez que a situação era colocada oralmente, pedia-se que explicassem o que acontecia, deixando-os livres para fazer qualquer tipo de suposições, desenhar ou escrever fórmulas. As únicas perguntas que o entrevistador respondia e/ou fazia era para esclarecer dúvidas sobre o enunciado, ou quando uma explicação não era exposta de maneira suficientemente clara pelo aluno, evitando, na medida do possível, intervenções que induzissem um determinado raciocínio. Em alguns casos, o entrevistador solicitava ao aluno que raciocinasse em voz alta.

²⁵ Todos os autores deste trabalho atuaram como monitores e o orientador teve também o papel de professor responsável.

Quando o aluno dava por terminada sua explicação, independentemente desta estar correta ou não, passava-se ao problema seguinte.

A análise deste material - respostas escritas dos testes, mapas conceituais e entrevistas, além das notas de campo tomadas pelo pesquisadores ao longo do semestre - tinha por objetivo geral a identificação de modelos mentais; para isso buscou-se:

- a) tentar determinar o nível de representação mental - representações proposicionais, imagens ou modelos - utilizado pelo alunos;
- b) tentar identificar núcleos conceituais que aparecessem mais de uma vez ao longo do curso;
- c) tentar identificar características ou atributos dos núcleos conceituais que integrassem conjuntos explicativos e/ou preditivos, a fim de obter indícios dos modelos mentais utilizados pelos alunos - tanto aqueles que trazem antes da instrução como aqueles desenvolvidos ao longo do curso.

A metodologia de análise foi do tipo qualitativa, sendo que os critérios de análise para o primeiro objetivo foram os mesmos utilizados em um estudo anterior sobre eletromagnetismo (Greca e Moreira, 1996). No estudo que aqui apresentamos aparentemente alguns alunos trabalhavam de duas maneiras distintas durante o curso: proposicionalmente (ou seja, simplesmente manipulando fórmulas e definições não referidas à modelos) durante os testes mas recorrendo na entrevista aos seus modelos anteriores à instrução.

Após feita esta distinção, procurava-se, para cada aluno, os conceitos ou conjuntos de conceitos que aparecessem com frequência ao longo do curso e que se destacassem especialmente durante as entrevistas, assim como ver se estes conceitos apareciam nos mapas e o lugar que ocupavam, além de suas relações com os outros conceitos escolhidos. A finalidade era mapear a existência de algum modelo referente a núcleos conceituais mais específicos, visto que uma das dificuldades foi que, aparentemente, os modelos não abarcavam todo conteúdo da disciplina, existindo, às vezes, uma convivência de distintos modelos para aplicar a coisas aparentemente "distintas", mas que do ponto de vista cientificamente compartilhado não o seriam.

Como a detecção dos modelos não é uma tarefa "a priori", a partir destes conceitos e/ou núcleos conceituais se tentava identificar os atributos ou características dadas pelos alunos a estes conceitos, a fim de reconstruir o modelo que o aluno teria utilizado. O processo de identificação dos conceitos e atributos conceituais teve que ser repetido várias vezes para cada aluno. Juntamente se determinava, a partir da análise dos testes e da entrevista, se os fenômenos eram descritos e/ou explicados e, neste último caso, o tipo de explicação. Ou seja, se a explicação se baseava em fórmulas, se copiava o formato do livro, se eram explicações "superficiais" (chamamos de superficiais aquelas que só enunciavam o princípio envolvido) ou se incluíam algum senso de

mecanismo. Conjuntamente com isto, se determinava também se a linguagem utilizada na entrevista era científica ou não (entendemos por linguagem científica o fato de o aluno usar, repetidamente termos científicos, independentemente da correção da sua utilização), se os alunos explicavam “o mundo real”, ou se reduziam situações reais a modelos onde podiam ser aplicados os princípios físicos, se eram capazes de detectar distintas variáveis envolvidas nos problemas e como as manipulavam.

Resultados Parciais

Apresentaremos resultados preliminares onde nenhum tipo de categorização referente aos possíveis modelos utilizados pelos alunos foi ainda feito, pois este estudo será continuado no segundo semestre de 1996. Da amostra de 12 alunos deste primeiro momento, analisamos até agora apenas quatro casos. A análise de cada um deles é apresentada a seguir.

Caso Número1: Paulo²⁶

Nível de Representação Mental: trabalho proposicional que não se modifica ao longo do curso. Nos testes trabalhava problemas e questões a partir de fórmulas e definições, como mostra a resposta referente à questão “Qualquer corpo apoiado no chão de um carro escorregará se a aceleração for suficientemente grande. Que aceleração é maior: a que provoca o deslizamento de pequenos blocos ou a que provoca deslizamento de blocos mais pesados? Justifique.”

“ $F = ma$. A aceleração é maior nos blocos mais pesados, porque para movimentar estes blocos é preciso uma força maior do que para movimentar um bloco de menos peso. Então, como a força e a aceleração são grandezas diretamente proporcionais, quando aumenta a força, a aceleração também aumenta.”

Nas aulas não demonstrava interesse em compreender os fenômenos, bastava saber a fórmula que se aplicava em situações específicas.

“Não tem uma regra para fazer tudo de uma só vez?”

No entanto, na entrevista pareceu recorrer a um modelo bastante intuitivo, que compartilha características das teorias implícitas (Pozo, 1993), onde descreve-se mais do que se explica.

Núcleos Conceituais: embora resolvesse muito bem os problemas e questões utilizando todos os conceitos estudados, durante a entrevista suas explicações foram centradas nos conceitos de força e movimento, sendo que o conceito de força também ocupava lugar de destaque nos seus três mapas conceituais. Os mapas foram confeccionados com conceitos isolados cujas relações foram feitas através de fórmulas. Na figura 1 apresenta-se o terceiro mapa conceitual deste aluno.

²⁶ Nome fictício, assim como os dos casos 2 a 4.

diagrama

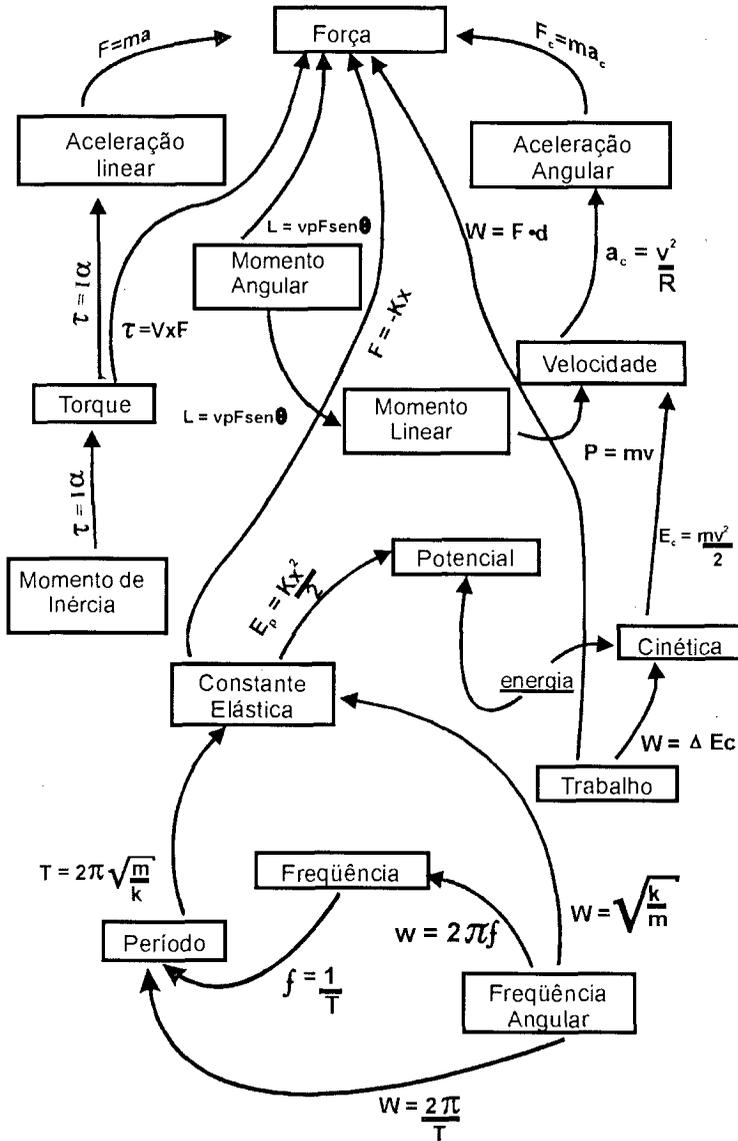


Figura 1. Terceiro Mapa Conceitual de Paulo

Características do Núcleo Conceitual e das Explicações: suas explicações parecem baseadas na descrição dos fenômenos cotidianos, e estas descrições não são associadas a mecanismos, e sim a “objetos”. Não

usava vocabulário científico, como mostram as respostas dadas em variadas situações da entrevista. Conceitos como gravidade, força resultante, energia, momento não apareceram na entrevista.

"Vai cair...vai descer, é uma rampa..."

"..isso aqui é uma superfície lisa?"

"...tem que firmar o pé no chão."

Em suas explicações, durante a entrevista, aparentemente usava um modelo intuitivo que relaciona força e movimento, utilizando indiscriminadamente as palavras velocidade, movimento e aceleração, como mostram as respostas de diversas situações.

"...tá, elas vão fazer este movimento até parar, até esta força aqui que foi aplicada nesta bola se igualar a zero."

"...o que tem menor massa vai se movimentar mais porque tem maior aceleração...e a que tem a maior vai se movimentar menos porque tem a menor aceleração do que a que tem menor massa."

"Se ele tiver parado não tem aceleração..."

"...até parar, até esta força se igualar a zero."

Talvez este modelo inclua a idéia de força impressa, como mostra a resposta dada em um teste referente à pergunta "Critique as afirmativas, justificando a resposta. 'O movimento de um corpo ocorre sempre na direção da força resultante.'"

"O movimento de um corpo ocorre devido à atuação das forças que nele existem, então a força resultante não interfere na direção do movimento."

Em algumas situações, como por exemplo na resposta dada na entrevista referente à questão "Um macaco e uma caixa estão unidos por uma corda que está ao redor de uma roldana, ambos a mesma altura do solo. O que acontece com a caixa quando o macaco começa a subir pela corda?", apenas descreve o que vai acontecer, possivelmente porque com seu modelo não consegue explicar tal situação.

Aluno: "...subir, por causa da roldana, né? Como eu vou te explicar...mas, quando sobe a caixa, desce o macaco".

Entrevistador: "NÃO, O MACACO NÃO ESTÁ DESCENDO, ESTÁ SUBINDO"..

Aluno: "...Se ele está subindo, ele tá botando a corda para baixo dele, então vai subir o bloco até o bloco encostar aqui na roldana, daí não tem como subir mais..."

Entrevistador: "MAS COMO SOUBESTE DISTO?"

Aluno: "...Sei lá, né...eu já vi uma roldana fazer isto."

Casos Números 2 e 3: Ana Maria e Silvio

Nível de Representação Mental: aparentemente estes dois alunos possuem distintas maneiras de trabalhar. Silvio parece trabalhar com modelos mais analógicos, enquanto Ana Maria parece trabalhar com modelos mais proposicionais. Contudo, não é uma manipulação de

fórmulas como, aparentemente, ocorre com Paulo, pois ela consegue “dar significado” as fórmulas.

“...eu olho o problema e imagino uma coisa, uma resposta...vem na cabeça, parece que aquilo é certo, aí tu começa a calcular, daí tu vai ver se é certo ou não...quando tu começa a calcular, começa a lembrar coisas que tu não imaginou, tu imagina coisas assim, mais simples de resolver, aí tu começa a calcular...aí muitas vezes, pelo menos prá mim, o que eu imaginava tava errado.” (Ana Maria)

Núcleos Conceituais: estes dois alunos durante a entrevista pareceram delegar especial atenção aos conceitos de energia e a triade velocidade constante \Leftrightarrow aceleração nula \Leftrightarrow força nula.

Características dos Conceitos e das Explicações: ao contrário do primeiro caso, não respondem simplesmente descrevendo a situação, sempre buscam uma explicação. Aparentemente explicam utilizando conceitos científicos e, em princípio, possuem um modelo que relaciona velocidade constante com aceleração nula e força nula que “dispara” encadeado e de uma só vez, como mostram as respostas dadas na entrevista para a questão: “O que acontece com dois blocos ligados por uma corda, colocados num plano inclinado.”

“Bom aqui tem um peso... Aqui tem atrito no plano...os blocos vão se decompor, o peso dele em x e num peso aqui que seria...aqui seria a normal que se anula...Então teria um Px prá cá, tensão também, então os blocos tenderiam a descer...tô supondo que eles estão descendo com velocidade constante...aceleração nula, força resultante tem que ser igual a zero...” (Ana Maria)

“Para a velocidade ser constante, a aceleração tem que ser zero, né? Então a força tem que ser zero também, não pode ter forças externas ao sistema, a força mg teria que ser contrabalançada com a força de atrito e o somatório das duas dá zero, daí tenho velocidade constante.” (Silvio)

Possivelmente este modelo os permite entender o conceito de inércia e resolver bem problemas de corpos isolados. Esse ‘modelo’ tanto para Ana Maria como para Silvio parece basicamente proposicional. Ou seja, ao parecer não está vinculado a imagens, o que seria de se esperar no caso do Silvio. Dizemos que esta triade é um modelo e não uma representação proposicional aprendida de memória (o que teria acontecido no caso de Paulo), pois é transferido e aplicado corretamente em diferentes situações. Porém, em sistemas em interação (situações onde há corpos em contato, como por exemplo pêndulos que se chocam) não é utilizado, aparentemente recorrendo para outro modelo que está associado a palavra energia, como mostram as respostas dadas na entrevista referentes à questão “O que acontece quando pêndulos de mesma massa e de massas diferentes se chocam?”

“No 2º caso, como a massa dela é menor, ela vai voltar prá cá e não vai mexer com esta bola grande. Porque isto ocorre?...Bom...ocorre uma transferência de energia, né? Quer dizer, a energia cinética do sistema tem que ser igual, então a energia cinética que tem esta aqui vai se transformar, vai passar pra esta aqui...e a energia potencial que tinha essa aqui, vai ficar com esta aqui, então esta aqui fica parada e esta continua aqui...” (Silvio)

Aluno: “...esta aqui vai bater nesta, a energia mecânica vai ter que se conservar, então a energia cinética desta aqui que é massa vezes a velocidade desta aqui ao quadrado sobre dois, vai ser igual a energia mecânica do sistema aqui, ou melhor, se esta em repouso tenho mgh...”

Entrevistador: “PORQUE A BOLA QUE BATEU FAZ COM QUE A QUE ESTAVA PARADA SE MOVIMENTE?”

Aluno: “...Porque ela bate e a outra tem que se mexer...porque...transferência de energia...” (Ana Maria)

Parece que o conceito de energia para estes alunos engloba a idéia de impulso, ação e reação e momento, embora tais conceitos não sejam citados.

Caso Número 4: Roberto

Nível de Representação: basicamente trabalha proposicionalmente.

Núcleos Conceituais: este aluno, durante suas respostas na entrevista respondeu utilizando dois núcleos que são os de força associado ao princípio da inércia e o de conservação.

Características das Explicações e Conceitos: assim como o caso 2 e 3 observou-se a utilização de vocabulário científico e diferentemente destes aparece destacado o conceito de conservação tanto para energia como para momento. No entanto, nos mapas (como o que aparece na Figura 2) e na entrevista aparecem dissociadas as condições para que estas conservações se cumpram, ou seja, não estão integradas ao conceito de força que, por sua vez, forma um núcleo isolado. Possivelmente, o fato de não compreender o conceito de força como uma interação o leve a considerar estes dois conceitos desvinculados. A resposta dada na prova, antes e após correção, referente à questão “Nas alternativas abaixo diga se a sentença é verdadeira ou falsa e justifique. ‘Para que um corpo se mova é necessário que a ação seja um pouco maior que a reação, do contrário não há força resultante, e portanto, ele não pode se mover.’” mostra a falta de compreensão do conceito de força como interação.

“Para que um corpo se mova é necessário que haja uma força resultante maior do que zero, a ação e reação são contrárias e de mesma intensidade portanto se anulam”.

“Para que um corpo entre em movimento a partir do repouso é necessário que haja uma força resultante maior que zero. A ação e reação são contrárias e de mesma intensidade portanto se anulam,

porém não significa dizer que sob ação e reação um objeto não se mova, ele pode se mover desde que já esteja em movimento. Logo a ação não precisa ser maior que a reação pois ambas atuam em corpos diferentes.”

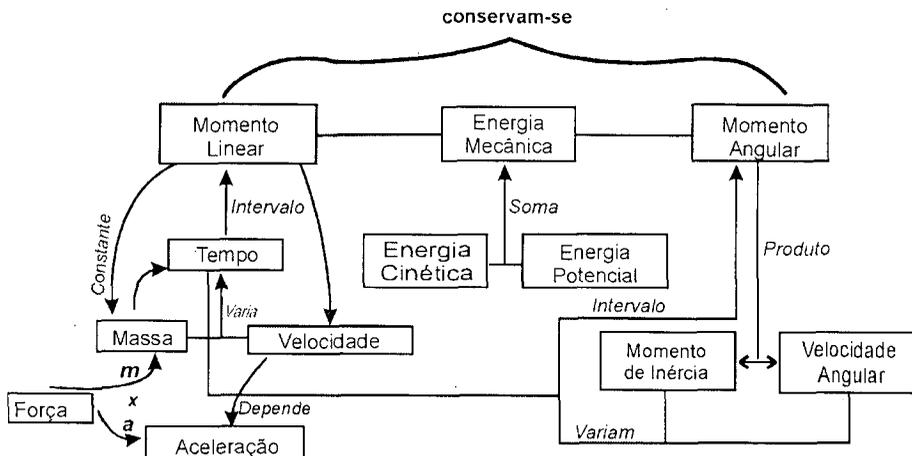


Figura 2- Terceiro mapa conceitual de Roberto

Conclusões

O que aqui apresentamos são os resultados parciais do segundo estudo a respeito das representações internas de conceitos físicos de alunos de nível universitário.

Do primeiro trabalho (Greca e Moreira, 1996) resultou que era possível o estudo dessas representações, tal como definidas por Johnson-Laird. O objetivo deste segundo foi o de detectar possíveis modelos que os alunos possuem sobre conceitos de Mecânica Newtoniana. Neste sentido, dos casos estudados, parece que alguns alunos não formam modelos dos conceitos cientificamente compartilhados, a pesar de trabalharem eficientemente ao longo do curso com representações proposicionais (fórmulas e definições). No entanto, voltam aos seus modelos intuitivos (onde aparentemente não aparecem diferenciados os conceitos de movimento, velocidade e aceleração) quando devem dar explicações a fenômenos fora do contexto específico de problemas dos testes, embora eles sejam similares. Estes modelos intuitivos descrevem mais do que explicam.

Também foi possível observar que outros alunos formam modelos integrados, porém não para toda a disciplina, coexistindo modelos parecidos aos cientificamente aceitos para determinado tipo de problemas (corpos isolados) e não para outros (por exemplo, corpos em contato). Isto poderia evidenciar uma falta de integração, possivelmente associada a não compreensão de força como interação.

Outro resultado interessante é que a metodologia de pesquisa e de análise implementada neste estudo parece adequada para os fins desta pesquisa.

Bibliografia

- DUIT, R. (1993). Research on students' conceptions - developments and trends. Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Ithaca, N.Y., Cornell University.
- JOHNSON-LAIRD, P.N. (1983). Mental Models. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- GRECA, I. e MOREIRA, M.A. (1996). Kinds of Mental representations - models, propositions and images - used by College physics students regarding the concept of field. Aceito para publicação no International Journal of Science Education, Inglaterra.
- HALLIDAY, D. e RESNIK, R. (1994). Fundamentos de Física I. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora.
- MOREIRA, M.A. (1994). Cambio conceptual: critica a modelos actuales y una proposta a la luz de la teoria del aprendizaje significativa. Trabajo presentado en el II Simposio sobre Investigación en Educación en Física, Buenos Aires, 3 al 5 de agosto de 1994, y en la Conferencia Internacional "Science and Mathematics Education for the 21 st Century: Towards innovatory approaches ", Concepción, Chile, 26 de septiembre a 1ero de octubre.
- MOREIRA, M.A. (1983) O sistema de Instrução Personalizada. Ação Docente na Universidade. Porto Alegre, Ed. da Universidade.
- MOREIRA, M.A. e GRECA, I. (1996). Concept mapping and mental models. Aceito para publicação em Meaningfull Learning Forum, U.S.A.
- NUSSBAUN, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. International Journal of Science Education, 11 (special issue): 530-540.
- POSNER, G. et al (1982). Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conception change. Science Education, 66 (2): 211-227.
- POZO, J. I. (1993). Psicología y didáctica de las Ciencias de la naturaleza: concepciones alternativas? Infancia y Aprendizaje, Vol. 62-63, 187-204.

ALGUMAS ATIVIDADES DE ENSINO VISANDO ALTERAÇÕES NAS CONCEPÇÕES DE ESTUDANTES SOBRE ASPECTOS DO CAMPO GRAVITACIONAL TERRESTRE.

Luiz Eduardo da Costa Ferreira (luiz@laser.com.br)
Roberto Nardi (nardi@azul.bauru.unesp.br)
Campus de Bauru

Introdução

Pesquisas anteriores que mostram concepções espontâneas de estudantes sobre aspectos como espaço, forma, e força gravitacional do planeta Terra, bem como a psicogênese dessas concepções (Nussbaum e Novack, 1979, Nussbaum e Sharoni-Dagan, 1983; Mali e Howe, 1979; Nardi, 1990, 1991, e 1994) apresentam a existência de uma concepção, próxima à científica, onde a grande diferença entre ela e a concepção cientificamente aceita é a existência de um "limite" de atuação para o campo gravitacional, geralmente coincidente com o "final da atmosfera".

Observa-se que esta concepção é bastante semelhante à proposta de Gilbert (1540-1603), encontrada na História da Ciência, citada em seu *De Magnete* de 1600, que considerava a Terra como um imenso ímã, onde, no centro estavam concentradas as *virtudes magnéticas* (Gilbert, 1958) (figura 1). Neste modelo se pode observar a presença de uma "*Orbis Virtutis*", ou seja, um limite de atuação para o campo magnético, que equivaleria ao campo gravitacional. Esta semelhança concorda com estudos de alguns pesquisadores, como por exemplo Piaget e Garcia (1987) que vêem um paralelo entre a evolução do conhecimento em certos períodos da história e a construção do conhecimento na criança, já apontados por Nardi (1994).

Esta concepção é encontrada com maior frequência entre estudantes do final do segundo grau, podendo, contudo, aparecer entre universitários e mesmo entre portadores de curso superior, conforme observado pelo autor em entrevistas informais.

Uma leitura construtivista do ensino leva a buscar atividades onde se possibilite aos alunos mudarem suas concepções, ou pelo menos produzir nos mesmos desequilíbrios em suas explicações de um determinado conceito, um estágio proposto por Piaget e outros autores para que ocorra uma nova acomodação nos conhecimentos em um novo patamar, se possível, mais próximo das concepções científicas vigentes.

Em outras palavras: atividades que gerem no sujeito insatisfação, podem levá-lo ao chamado conflito cognitivo que, por sua vez, poderá gerar uma chamada "mudança conceitual", ou seja, fazer mudar sua concepção anterior com uma nova concepção, ou, pelo menos, segundo alguns autores, levar o sujeito a conviver com as duas concepções: a antiga e a nova.

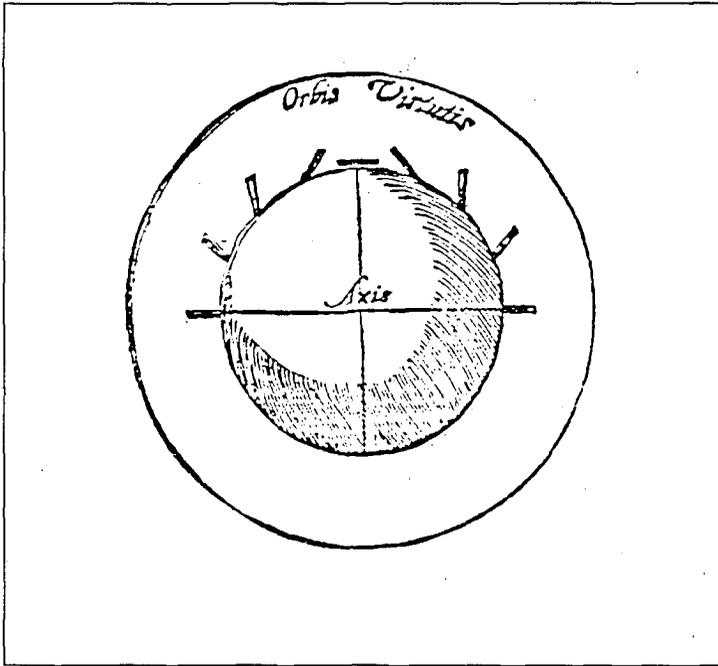


Figura 2 Ilustração mostrando a “Orbis Virtutis” de Gilbert em seu livro “De Magnete” publicado em 1600 (Fonte: Gilbert, 1958).

Segundo essa linha, os estudantes já possuem previamente ao ensino formal, um conhecimento próprio do mundo em que vivem ou das coisas que os cercam (Villani, 1984). Levar em consideração essa premissa é um dos pontos fundamentais dentro de uma proposta de ensino construtivista, onde o pressuposto básico é permitir ao aluno exercer o papel central na construção de seu próprio conhecimento, numa analogia possível, segundo alguns autores, com a própria construção do conhecimento, historicamente acumulado pela sociedade. A busca do conhecimento, tanto na ciência quanto na escola, ou seja, tanto pelos cientistas quanto pelos alunos, pode ser considerado como um processo onde avanços e recuos são necessários para se chegar a estruturas mais complexas.

Propostas

As atividades de ensino são desenvolvidas através de três situações problematizadoras.

Na primeira, com a classe dividida em grupos de aproximadamente cinco alunos, são apresentados modelos de Terra, escolhidos entre conhecidos da História da Ciência, realçando a diversidade de modos de se compreender o Mundo, algumas delas sendo mostradas nas figuras 1 a 3, visando levar os alunos a se sentirem mais seguros com seus próprios modelos. Ao final da apresentação é mostrado um diapositivo (figura 4),

solicitando-se que os grupos façam um desenho onde apareçam o astronauta e o planeta Terra, explicando como eles entendem o que está ocorrendo com o astronauta.

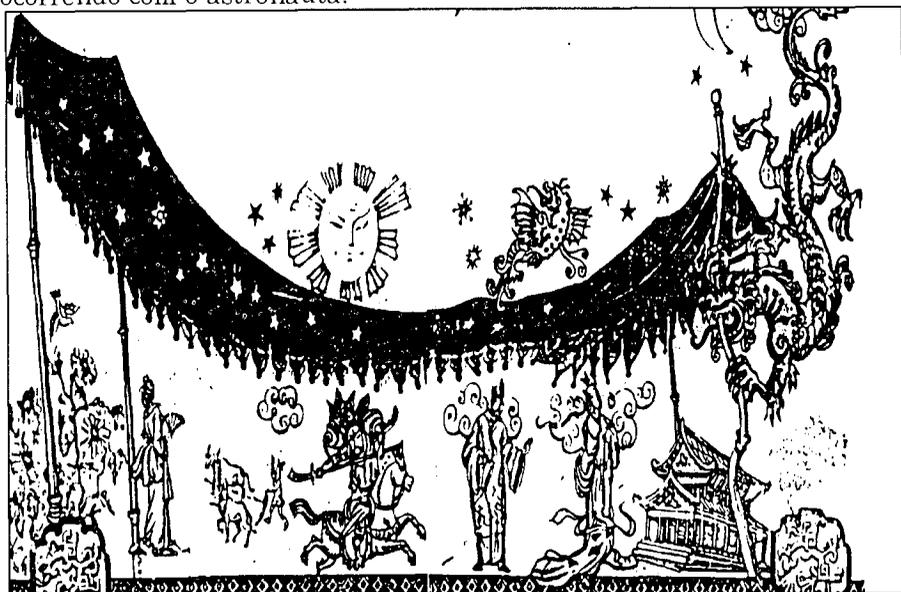


Figura2- Ilustração sobre a forma da Terra, segundo os sábios da China antiga apresentada aos alunos (Fonte: Tomiliné, 1985).

Após o término o professor recolhe os desenhos de cada grupo e, ao mostrar cada um deles para a classe, solicita que um dos componentes do grupo explique o desenho de seu grupo a todos os estudantes.

Percebe-se, como previsto anteriormente, que os desenhos da maioria dos estudantes mostram um limite para a ação da força gravitacional, como forma de explicação para o fato de o astronauta estar "flutuando".

Na segunda atividade é utilizada uma analogia com o campo magnético e seu aparente limite de atuação: Com um ímã sobre uma transparência em um retroprojetor são lançados pequenos objetos metálicos de diferentes massas, iniciando-se por aqueles com maior massa, até o de menor massa (como sugestão usar pregos de sapateiro de diferentes números, como são classificados, limalha de ferro tradicional e palha de aço triturada) marcando, em cada uma das situações, o ponto em que os alunos considerem ser o "limite" de atuação do ímã. Solicitar aos alunos que imaginem o que ocorreria se colocássemos limalha cada vez menor, induzindo-os a concluir que o efeito poderia se estender ao infinito.

Na terceira atividade a analogia utilizada é com a luz: solicita-se a ajuda de dois alunos: o primeiro encarrega-se de iluminar uma superfície qualquer na sala (os alunos podem decidir qual é a mais adequada,) o

segundo fica encarregado de observar se a superfície esta sendo iluminada pela lanterna. O primeiro aluno deve se afastar até que o segundo afirme que a lanterna deixou de iluminar a superfície. Neste momento o professor deve reduzir parcialmente a iluminação da sala, com o auxílio de um controlador de luminosidade. O procedimento de afastamento deve ser retomado, até novamente desaparecer a influencia da luz sobre a superfície. Novamente o professor deve reduzir parcialmente a iluminação da sala. Esta seqüência deve ser repetida quantas vezes forem possíveis ou necessárias. Aos alunos é solicitado que imaginem o que ocorreria se pudéssemos reduzir indefinidamente a iluminação da sala, induzindo-os, se necessário, a entender que o aluno deveria se afastar ao infinito quando a luz na sala se reduzisse a zero.

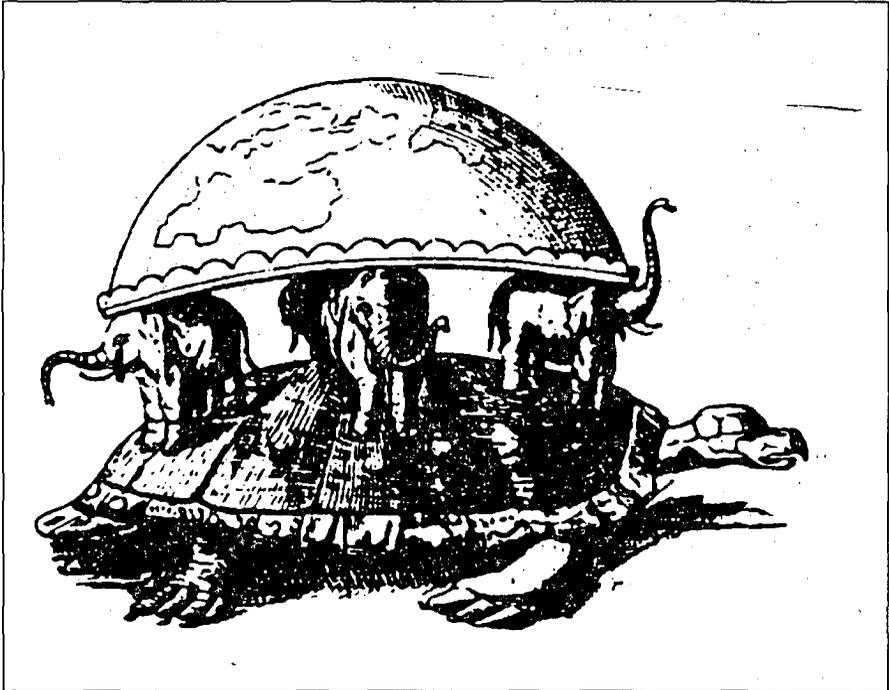


Figura 3 Outra concepção de Terra, dos Hindus, apresentada ao alunos
(Fonte: Tomiliné, op. cit.)

Numa discussão final o professor procura relacionar as analogias mostradas à questão do campo gravitacional terrestre, onde a atuação se reduz gradativamente sem nunca ser isoladamente nula. Durante essa discussão é interessante que o professor esclareça que, com a atmosfera, ocorre um fenômeno semelhante, uma vez que ela nunca termina realmente, se reduzindo até se confundir com o gás interestelar.

Outro aspecto a se destacar é a importância do professor mostrar a explicação científica para o fato do astronauta flutuar: sua manutenção em órbita através do movimento ao redor da terra.

A primeira das atividades pode ser considerada como introdutória ou preparatória para as duas seguintes, onde são encontrados os momentos desestabilizadores. Na discussão final é importante o professor reunir os pontos relevantes da aula.

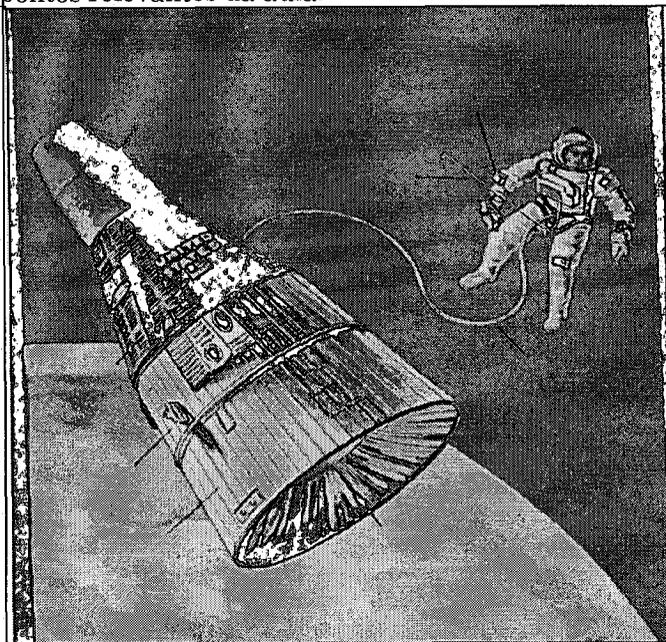


Figura 4 Reprodução do diapositivo apresentado aos alunos como situação problema para explicação do Campo Gravitacional.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FUNDUNESP pelo suporte financeiro.

Referências

- GILBERT, W. - 1958 - **De Magnete**. Trad. de Fleury Mottelay. New York, Dover Publication Inc., 368p.
- MALI, G. B. e HOWE, A. - 1979 - Development of Earth and Gravity Concepts Among Nepali Children. **Science Education**, 63(5): 685-691.
- NARDI, R. - 1990 - **Um Estudo Psicogenético das idéias que evoluem para a noção de campo - Subsídios para a construção do ensino desse conceito**. Tese de doutorado. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. 292p.
- NARDI, R. - 1991 - **Campo de Força: Subsídios Históricos e Psicogenéticos para a Construção do Ensino desse Conceito**. Editora da Universidade de São Paulo, 98p.
- NARDI, R. - 1994 - **História da Ciência x Aprendizagem - Algumas Semelhanças Detectadas a partir de um Estudo Psicogenético**

- sobre o Conceito de Campo de Força. **Enseñanza de las Ciências**, 12(1), 101-106.
- NUSSBAUM, J. e NOVICK, D. - 1979 - Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A cross Age Study. **Science Education**, 63(1): 83-93.
- NUSSBAUM, J. e SHARONI-DAGAN, N. - 1983 - Changes in Second Grade Children's Preconceptions about the Earth as a Cosmic Body Resulting from a Short Series of Audio Tutorial Lessons. **Science Education**, 67(1):99-114.
- PIAGET, J. e GARCIA, R. - 1987 - **Psicogênese e História das Ciências**. Trad. de M.F.M.R. Jesuino. Coleção Ciência Nova, no. 6, Lisboa, Publicações Dom Quixote, 251p.
- VILLANI, A - Reflexões sobre o Ensino de Física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos. **Revista de Ensino de Física**, 6(2): 76-95, dez/84.

EXPLORANDO A FÍSICA DO COTIDIANO

Eduardo de Campos de Valadares (*ecampos@oraculo.lcc.ufmg.br*)

Alysson Magalhães Moreira (*alysson@cce.ufmg.br*)

Departamento de Física - ICEx
Universidade Federal de Minas Gerais

I. Introdução

O Curso Noturno de Licenciatura em Física da UFMG é recente e não dispõe da mesma infra-estrutura dos cursos diurnos no tocante a demonstrações para aulas expositivas. Além disso, constatamos a necessidade de adequar o *currículo* dos Cursos Básicos de Física às demandas específicas dos professores do segundo grau no que se refere a material didático. Neste particular, é importante salientar que a grande maioria das escolas dispõem de recursos financeiros muito limitados para a aquisição de equipamentos para demonstração experimental. Um fator ainda mais crítico é a falta de conexão entre a física da sala de aula com a física do cotidiano. Cientes destas deficiências, tomamos a iniciativa de implantar uma Sala de Demonstrações que funcionará como laboratório de criação, desenvolvimento de experiências ilustrativas de física básica e recuperação de equipamentos voltados para o ensino de Física nos 2º e 3º Graus. Para implementar nossa proposta recorreremos a materiais simples e baratos, como cartolina, gominhas, rolhas, canudinhos de plástico, balões de festa ou itens cujo destino invariavelmente é a lata de lixo, como latas de cerveja, garrafas de plástico e de vidro, tampinhas, etc. No presente trabalho apresentamos, em linhas gerais, nosso enfoque e alguns exemplos práticos.

II. Objetivos e estratégias

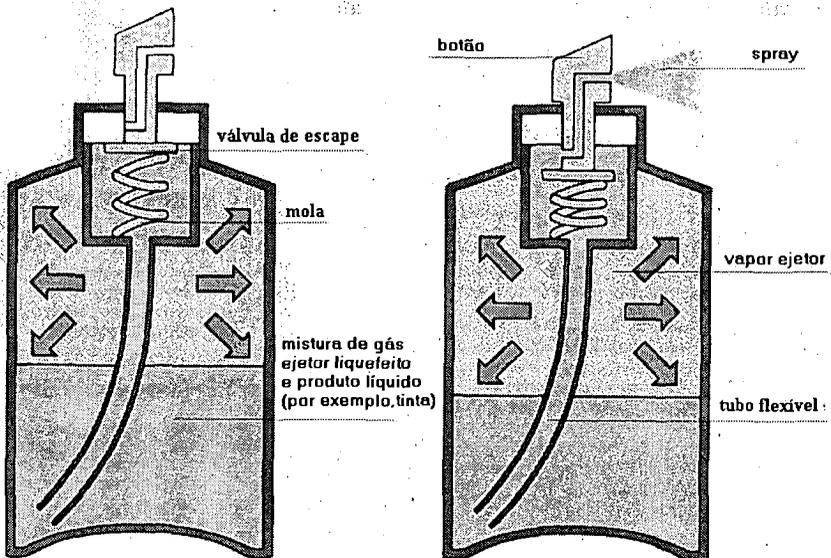
Ao incorporar demonstrações durante as aulas expositivas, pretendemos estimular os alunos a relacionar a física da sala de aula com situações reais que vivenciamos no dia-a-dia. Além disso, utilizamos alguns experimentos simples e painéis explicativos para associar a física básica a problemas ambientais, segurança no trânsito e a fontes alternativas de energia, entre outros, que dizem respeito à sobrevivência de nossa sociedade. A estratégia de se utilizar material reciclado, além do fator custo, visa ilustrar também a importância de se reaproveitar a enorme quantidade de material produzido por nossa sociedade industrial que é posteriormente jogado no lixo, com graves consequências ambientais. Nosso ponto de vista é que o ensino básico de física muito tem a contribuir para uma melhor compreensão de problemas que usualmente são relegados a outras disciplinas, gerando assim uma visão estanque do mundo em que vivemos. Além disso, os rápidos avanços tecnológicos que estamos presenciando, com impacto direto em nossas

vidas, têm estimulado professores de física de vários países a realizar um esforço no sentido de incorporar a física básica subjacente à tecnologia atual ao ensino tradicional. Esta preocupação também está presente em nossa proposta (um artigo correlato, de nossa autoria, intitulado "Ensinando Física Moderna no Segundo Grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro" encontra-se também nos Anais). Finalmente, buscamos estimular os estudantes a trabalhar em equipe e de forma criativa, sugerindo-lhes montagens simples que posteriormente poderão ser incorporadas ao acervo de nossa Sala de Demonstrações.

Exemplos ilustrativos de "como funciona"

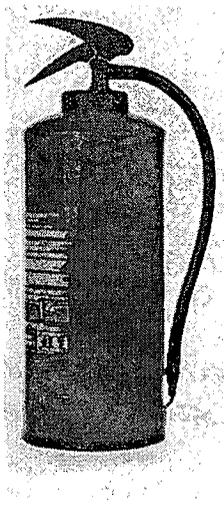
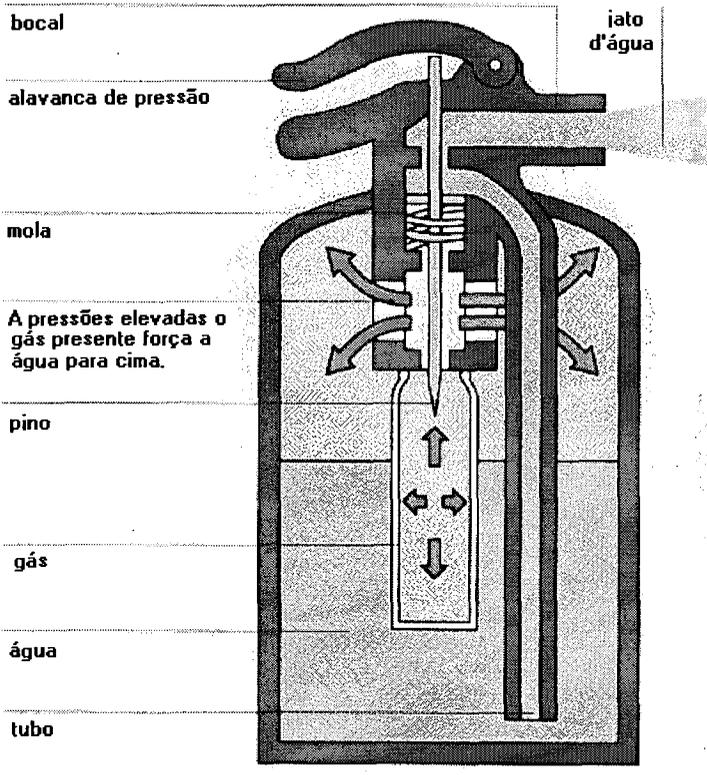
1) Spray e extintor de incêndio (painel)

As figuras abaixo ilustram o princípio de funcionamento de um *spray*. O recipiente do *spray* contém uma mistura de um produto líquido (por exemplo, tinta) e uma substância líquida propelente. Esta última facilmente se gaseifica, de modo que o líquido sofre a pressão do gás, conforme indicado.



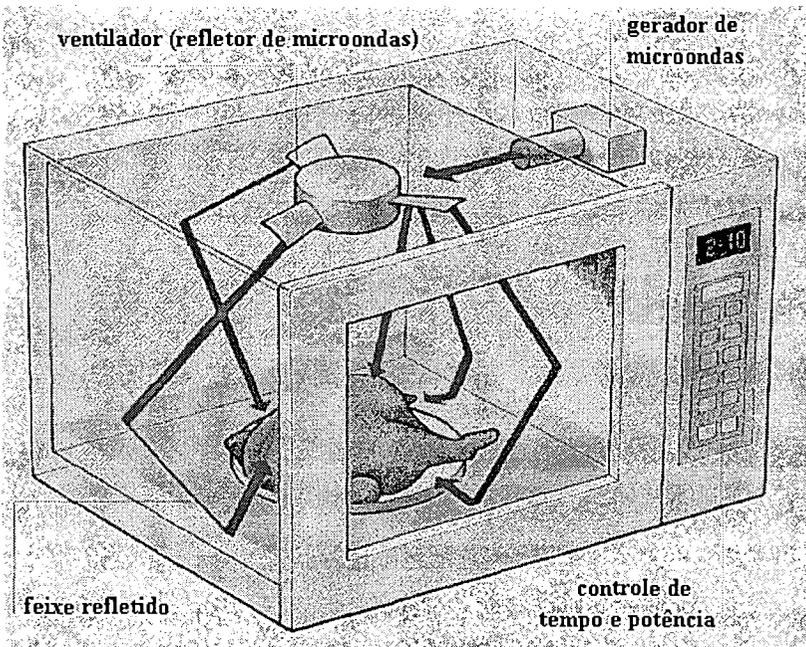
A válvula do *spray* é mantida fechada graças à pressão exercida pela mola indicada. Uma vez pressionada a válvula, o líquido é ejetado para fora na forma de um *spray*. O líquido propelente usado até recentemente era o CFC (cloro-fluor-carbono) que por destruir a camada de ozônio foi substituído por outros líquidos. A camada de ozônio é fundamental para filtrar os raios ultra-violeta provenientes do sol, que provocam cancer de pele. Atualmente são utilizados como propelentes propano e/ou butano (gás de cozinha) que são inflamáveis, daí a

recomendação expressa de não incinerar a lata nem usar o *spray* perto de chamas, conforme as instruções do rótulo. Basicamente o mesmo princípio é utilizado no extintor de incêndio a base de água, conforme indicado na ilustração correspondente mostrada abaixo.



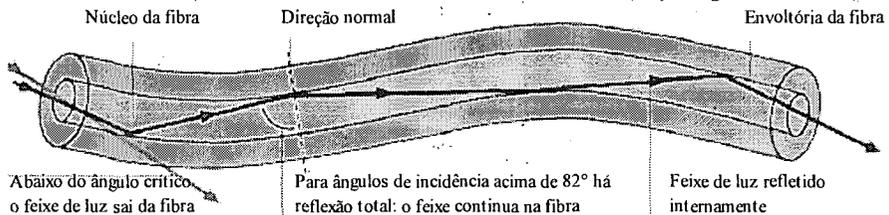
Forno de micro-ondas (painel)

O micro-ondas é uma onda-eletromagnética como a luz visível, porém seu comprimento de onda é muito maior, da ordem de 2-3 cm. A energia do micro-ondas é absorvida fortemente pela água, cujos átomos passam a vibrar mais intensamente. Em geral os alimentos contêm água. Assim, ao serem expostos a um feixe de micro-ondas têm sua temperatura elevada, associada à maior vibração das moléculas de água. Na figura abaixo indicamos esquematicamente um tipo de forno de micro-ondas, no qual o feixe gerado por uma válvula de micro-ondas (magnetron) é refletido em várias direções pelas pás do ventilador e também pelas paredes internas, bombardeando por todos os lados o alimento, conforme indicado.



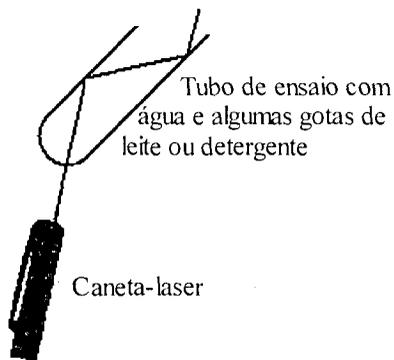
3) Fibras óticas (experiência)

As fibras óticas são, basicamente, "mangueiras de luz". Elas guiam a luz de uma extremidade da fibra até a outra ponta. Isto ocorre devido a reflexões totais do feixe de luz no interior da fibra (veja figura abaixo).



Como demonstrar de um modo simples o princípio da fibra ótica

As fibras óticas são cada vez mais utilizadas em telefonia. Em vez de eletricidade, luz, em vez de cabos de cobre, fibras óticas. E por que? Porque a luz se propaga a uma velocidade muito maior do que os elétrons nos fios de cobre. Além disso é possível transmitir muito mais informações através de uma fibra ótica do que por via do sistema tradicional que utiliza cabos de cobre. Várias cidades do mundo já contam com um sistema telefônico baseado em fibras óticas, inclusive ligando-as a diferentes cidades e continentes.



IV. Perspectivas do projeto

Nosso projeto, com duração de dez meses, conta com 04 bolsistas do curso de licenciatura em física da UFMG e recursos da ordem de R\$ 2.500,00, oriundos do "Programa de Apoio à Formação de Professores e à Docência em Ciências e Matemática nos Ensinos Médio e Fundamental - SPEC/PADCT". Dispomos ainda de material "sucateado", acumulado durante os 40 anos de existência do Departamento de Física da UFMG, e doações de outras unidades da Universidade. Além disso estamos buscando patrocínio junto a empresas.

Uma vez implementado o projeto, disporemos de farto material para cursos de reciclagens de professores de Física do 2º Grau e cursos livres de ciências, abertos ao público em geral (educação continuada). Esperamos que nosso trabalho amplie efetivamente o leque de opções educacionais com ênfase na física do cotidiano. Pretendemos também divulgar nosso enfoque através de publicações em revistas especializadas e palestras realizadas em escolas e simpósios.

AS PERGUNTAS DO LEITOR EM PUBLICAÇÕES DE DIVULGAÇÃO

Lilian Cristiane Almeida dos Santos

Sônia Salém

Instituto de Física - USP²⁷

Esse trabalho visa levantar e analisar perguntas de leitores em publicações de divulgação científica, que tenham conteúdos relacionados à Física.

Vivemos um momento histórico no qual torna-se cada vez mais necessário compreender e participar da cultura de nosso mundo, nos campos que mais influenciam nossa vida cotidiana, entre os quais, os conhecimentos científicos e tecnológicos ocupam lugar de destaque. A escola é, sem dúvida, um espaço fundamental para a aquisição dessa cultura e formação de um cidadão integrado em sua sociedade. Nem sempre, porém, é o que ocorre. Nosso ensino escolar, quase como regra, não acompanha os acontecimentos do mundo e deixa de dar respostas a uma enorme demanda por informações e conhecimentos.

Fora da escola, entretanto, existe cada vez mais acesso a informações e um dos possíveis contatos com ciência se dá através dos meios de comunicação de massa: televisão, jornais e revistas, filmes, e atualmente a "internet". A divulgação científica é, assim, um dos elementos responsáveis pela disseminação de informação e formação de opiniões sobre questões científicas.

Entre as muitas formas de divulgação, existem revistas e jornais, que, além de artigos, notícias, entrevistas, etc, geralmente têm uma seção onde são respondidas questões enviadas por leitores.

Uma análise desse material pode mostrar que tipo de demanda os leitores - supostamente leigos - têm em relação a conhecimentos científicos, em particular de Física. Pode, assim, sugerir também questões de interesse de estudantes, enquanto cidadãos. Existem temas privilegiados nessas perguntas? Que tipo de curiosidades se destacam? São questões tratadas no ensino de Física de segundo grau? São contempladas pelo livros didáticos? O professor pode utilizá-las em sala de aula? Sente-se preparado para respondê-las?

Tendo em vista essas questões, fizemos um levantamento das perguntas de leitores das revistas *Ciência Hoje*, publicada pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (de 1982 até junho de 1996), *Globo Ciência*, publicada pela editora Globo (de abril de 1994 até julho de 1996) e *Superinteressante*, publicada pela editora Abril (de outubro de 1987 até junho de 1996), e do jornal *Folha de São Paulo* (de janeiro de 1989 até março de 1995). Esse material foi obtido a partir do Banco de Referências

27 Auxílio CAPES/SPEC/PADCT

de Divulgação Científica, projeto em elaboração na área de ensino de Física do IFUSP ²⁸.

Fonte	No. de Perguntas	% do Total
Ciência Hoje	17	3
Folha de São Paulo	186	38
Globo Ciência	87	18
Superinteressante	199	41

Numa primeira etapa, classificamos essas questões em dois grandes grupos:

Assunto de física: onde agrupamos os temas segundo o conteúdo de Física em quatro blocos: **Universo** (Astronomia, Astrofísica, Cosmologia e Geofísica); **Curricular** (Mecânica, Óptica, Eletromagnetismo, Física Térmica e Hidrostática), **Física Moderna** (Relatividade, Estrutura da Matéria, Física Nuclear, Física dos Materiais, Física Quântica e Campos) e **Energia** (Energia, Meio Ambiente e Radiações).

Abordagem: onde agrupamos as questões em cinco blocos: Conceitual, Tecnológico, Instrumental, Social e Histórico.

Feita essa primeira classificação, fizemos uma distribuição dos vários tópicos dentro dos grupos “assunto de física” e “abordagem”, verificando os conteúdos e enfoques predominantes e também algumas intersecções entre eles (conteúdo x abordagem) e as especificidades das publicações (assunto/abordagem x publicação).

Destacamos, aqui, alguns dos resultados obtidos nessa primeira análise: (No apêndice, encontram-se gráficos com alguns dos dados correspondentes)

Quanto ao conteúdo, predomina como bloco, o *Curricular* (49.5%). Dentro dele, os temas se distribuem mais ou menos uniformemente, sem grandes discrepâncias.

Quanto à abordagem, predomina o bloco *Conceitual* (55%), seguido pelo *Tecnológico* (24%). O mais ausente é o *Histórico*.

Enquanto tópico mais específico, relativamente ao conteúdo, há uma predominância do tema *Astronomia e Astrofísica* (19.5%).

Quanto às publicações, as diferenças não são significativas, com exceção de “Ciência Hoje”, cujas questões publicadas têm maior incidência nos blocos *Universo* e *Energia* e abordagem *Ambiental*, e com um menor número de questões. As demais têm uma distribuição relativamente parecida.

Diante disso, destacam-se alguns pontos para reflexão, quais sejam:

- Astronomia e Astrofísica é o tema mais procurado nas perguntas de leitor. Isso é bastante interessante, pois percebemos ser este também o tema mais difundido na área de

²⁸ Parte do Projeto *Documentação e Assessoria em Ensino de Física*, desenvolvido no IFUSP, sob coordenação de Maria Regina D. Kawamura.

divulgação científica e nas matéria das próprias revistas e jornais. É o mais difundido por ser o mais procurado ou é o mais procurado por ser o mais difundido?

- De certo modo é surpreendente a incidência de perguntas sobre temas curriculares e com enfoque conceitual. Seria isso influência da escola? Ou são nesses temas que podem estar presentes as questões mais ligadas ao cotidiano? Ou simplesmente é um resultado estatístico, ligado ao fato que esse bloco abarca um maior número de temas?
- O grande número de questões com abordagem conceitual evidencia o fato de o leitor busca a compreensão dos conceitos científicos (os porquês e comos) envolvidos nos fenômenos, e procura encontrar meios e respostas acessíveis.
- Nosso sistema escolar, via de regra, não privilegia a parte experimental, nem tampouco as questões relacionadas a grandezas, limites, ou unidades de medidas. Apesar disto, o número de questões classificadas na abordagem Instrumental não é pouco expressivo (quase 15%). Este ponto merece destaque, pois esse parece ser um interesse espontâneo.
- A nível acadêmico, na pesquisa em ensino de Física, muito se discute sobre a utilização da História da Ciência no ensino, porém os leitores não parecem muito interessados nesse aspecto do conhecimento.
- *Na intersecção entre Bloco e Abordagem, a grande porcentagem de Instrumental em Universo está relacionado com a pesquisa espacial. Há muita procura pelos resultados, curiosidades e perspectivas futuras dessas pesquisas.*
- Um outro ponto interessante que não aparece nas tabelas é a grande porcentagem de perguntas sobre fenômenos cotidianos, tais como: "Qual o real perigo dos raios, por que o céu é azul, por que a chuva cai em gotas, como funciona um controle remoto...", entre muitas outras. Essas perguntas mostram que, embora estejam dentro dos temas de Física, têm um enfoque diferenciado em relação ao dos livros didáticos à abordagem convencional do sistema escolar.
- Uma ausência notada foi o tema "Caos". Por que seria? Certamente é um tema novo. Contudo, assuntos como Partículas Elementares, Antimatéria, Ondas Gravitacionais, Efeito Estufa, são também contemporâneos, somando no bloco "Moderno" cerca de 10% do total de perguntas. Uma possível hipótese para essas questões seria o espaço que ocupam na mídia.

Podemos destacar também algumas características importantes que mostram uma tendência do "leitor médio" dessas publicações: quanto ao conteúdo, o interesse é bastante diversificado, abrangendo diferentes

áreas da Física, sendo que há uma curiosidade marcante relacionada a questões sobre a evolução do Universo.

Uma procura pela compreensão de coisas e fenômenos presentes no “cotidiano”, principalmente do ponto de vista científico/conceitual (os porquês) e tecnológico (como funciona, como é feito,...) uma curiosidade por limites e grandezas (como medir, como quantificar, qual o maior ou menor valor,...)

De um modo geral, esses dados mostram que o conhecimento de Física procurado pelos leitores é predominantemente clássico e conceitual, e que não há preocupação com o desenvolvimento histórico. E dito assim, essa parece ser justamente a postura tradicional do ensino formal.

Contudo, mesmo as perguntas relacionadas a temas tradicionalmente abordados em sala de aula, têm um enfoque diferenciado. Buscam “porquês” e “comos” geralmente não contemplados pelo currículo escolar ou livros didáticos. “Por que o céu é azul? Por que as nuvens de chuva são mais escuras? Por que a flecha possui penas na parte traseira? Por que o calor do raio não torra o pára-raios? O que significa, em quantidade, uma chuva de x mm? Como funciona um forno de microondas? Por que e em que condições tomamos um choque elétrico?” Esses são alguns exemplos. Tratam-se de questões que podem ser respondidas fazendo-se uso dos conteúdos curriculares, mas que via de regra não têm espaço nas aulas de física e tampouco são contempladas pelos livros didáticos.

Somam-se a essas, perguntas cujos temas poderiam ser ditos extracurriculares, como “O que é antimatéria? É possível transformar o lixo atômico em energia? Como funciona um telefone celular? O que são supercondutores? O que, afinal, aconteceu em Tchernobyl?” Mas que, certamente, com um esforço não muito grande, poderiam ser pesquisadas e respondidas.

A identificação do aluno e mesmo do professor com esse “leitor” apontam para o potencial desse material em aulas de Física e seu uso como instrumento didático. Ao tratar de um conteúdo, o professor pode selecionar e trazer essas questões para seu curso, enriquecendo suas aulas, estimulando os alunos e, sobretudo possibilitando um diálogo entre o conhecimento escolar e a vida, entre ciência e sociedade., dando mais significado aos conceitos, fenômenos e teorias estudados.

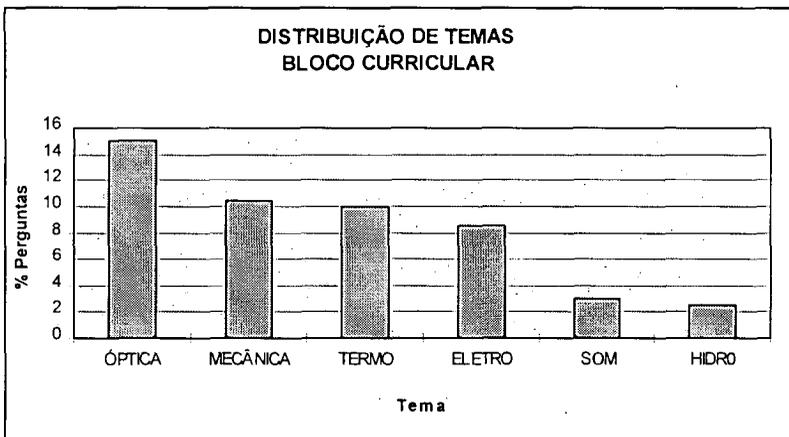
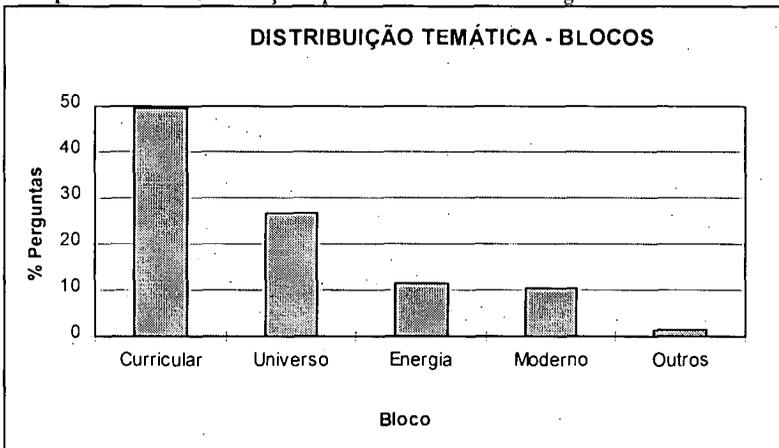
O uso do material de divulgação científica em sala de aula pode:

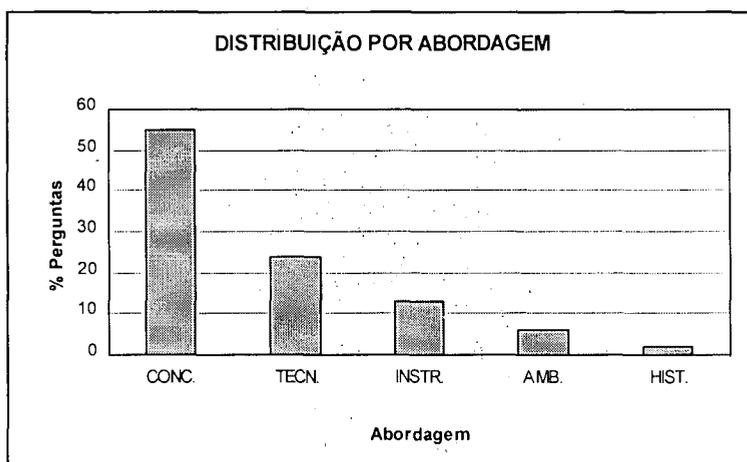
- auxiliar numa mudança de enfoque no curso regular, tornando-o mais abrangente.
- trazer, além da atualidade de Física ao aluno, a discussão sobre temas científicos, orientados por um professor da área, e não somente pelos meios de comunicação. Dessa maneira, pode-se auxiliar o aluno, dentro de seu estágio, a ler e analisar as informações obtidas desse tipo de fonte.

- além disso, por trazer acontecimentos atuais, encontra-se próximo da realidade, do ambiente social e cultural no qual o aluno está imerso.
- as perguntas de leitores, em particular, podem ser usadas para interessar os alunos ao iniciar um tópico, e/ou para complementá-lo, abrangendo aspectos diversos de interesse para o curso.

Finalmente, é importante ressaltar que esse material pode ser usado como um complemento a outros recursos didáticos. Se, por um lado, através dessas publicações é possível tratar de conteúdos novos e diversos e com abordagens mais motivadoras, por outro ele não contempla aspectos formais necessários à aquisição de conhecimentos em Física. Além disso, o seu emprego deve ser orientado e crítico, pois nem sempre apresenta os conhecimentos científicos corretamente ou estruturados de modo a se adequarem ao ensino formal.

Apêndice: Distribuições por Assunto e Abordagem





UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA DA FÍSICA NUCLEAR

Maria Cristina M. Martins
USP/IF-UFBA

Introdução

Os avanços científicos e tecnológicos deste século podem ser classificados entre as maiores realizações do ser humano. Desde o final do século passado até hoje houve uma transformação surpreendente na visão física de mundo, com o surgimento de novos paradigmas como, por exemplo, o caso da concepção e composição da matéria, que naquela ocasião era constituída de seus fragmentos, últimos componentes indivisíveis, chamados átomos. Atualmente, já são conhecidas estruturas internas (quarks e gluons) não somente ao átomo, como às partículas elementares - nome atribuído a estes componentes do átomo ou provenientes do cósmo.

Mas, enquanto estes avanços restringirem-se aos especialistas e pessoas ligadas às comunidades científicas, a sociedade não dará um salto sócio-cultural de qualidade, a menos que os conhecimentos adquiridos venham a se tornar acessíveis a toda comunidade, possibilitando um maior grau de instrução, ou seja, um aumento no conhecimento geral.

É assim que nessa parte apresentamos uma pequena contribuição no que diz respeito à tentativa de aproximar os conhecimentos sobre Física Nuclear daquelas pessoas, que, por um motivo ou outro, não tiveram oportunidade de obtê-los por diferentes vias. Com esse texto, temos ainda o objetivo de auxiliar na compreensão da exposição "Uma História da Física Nuclear", servindo como consulta, complementação de informações, estudos preparatórios ou revisão para os professores, permitindo-lhes, posteriormente, acompanhar e melhor orientar seus alunos nas visitas àquela exposição ou outras atividades correlatas. Ainda, como referência para alunos mais interessados durante suas pesquisas escolares. Extraído da tese de doutorado, 1995

Este artigo constitui-se essencialmente da História da Física Nuclear. Nele não temos pretensões à originalidade, pois, trata-se antes de tudo, de sistematização baseada em estudos e reflexões, cujas fontes estão divididas para efeito de melhor visualização, em três categorias: - aquela que trata dos livros didáticos, onde os autores trabalham definições de conceitos, experimentos, descobertas, enfim, teorias da Física Nuclear.

Na segunda categoria, estão as fontes que tratam da história da ciência, ligações e relações entre os conceitos e o desenvolvimento social e histórico. E na terceira, encontram-se os artigos de revistas e outras publicações.

A perspectiva histórica é apresentada em duas partes, ainda que não totalmente distintos, aqui separados para efeito didático. Na "A Pré-História da Física Nuclear", fazemos um retorno às origens históricas mostrando os acontecimentos e descobertas ocorridos antes de ser conhecido o núcleo, com o objetivo de situar o leitor quanto às condições que propiciaram o surgimento deste campo de estudo. E dessa forma possibilitar uma apreciação da situação sócio-política e econômica em que se encontrava a sociedade neste momento de desenvolvimento da área específica da Física. Na "A História da Física Nuclear", encontrar-se-ão os desdobramentos e campos surgidos após a descoberta do núcleo, ou seja, uma espécie de relato didático e informativo sobre os desenvolvimentos da Física Nuclear, desde a descoberta do núcleo atômico até as pesquisas recentes, inclusive no Brasil. Por último apresentamos algumas aplicações e utilizações da Física Nuclear.



Prédio da Universidade de Cambridge - Londres, 1895

A Pré-História da Física Nuclear

Últimos anos do século XIX... O mundo explode em crise e na efervescência desta, um grande momento de criação. Seja nas artes, nas ciências ou em outros setores, há uma modificação fundamental no conhecimento humano.

Eram dados os primeiros passos para o desenvolvimento de novos paradigmas como a Teoria da Relatividade e a da Mecânica Quântica, em consonância com as descobertas efetuadas. Mas estas só aparecem quando se tem a consciência de que alguma coisa violou os princípios até então estabelecidos e aceitos. E como era o mundo naqueles tempos, em termos tecnológicos e em termos de desenvolvimento científico?

Na passagem do século, a Europa detinha as condições necessárias para que dispostassem avanços na área de ciências. Nela estavam centradas grandes potências, políticas e econômicas, como: a Alemanha, a Inglaterra, a França e a Itália, que propiciavam tempo, dinheiro e energia humana para sustentar as investigações. E todos os campos da ciência ganharam estes estímulos para desenvolverem suas pesquisas científicas e tecnológicas. Nesse contexto, a Física Clássica - representando toda física anterior às modificações provocadas pelas teorias que viriam a aparecer (Relatividade e Mecânica Quântica), apresentava grande maturidade nas respostas às questões, permanecendo em discussão situações como: explicar a intensidade e cores da luz produzidas por aquecimento, ou sobre como medir a velocidade da luz em diferentes meios de propagação.

A condutividade elétrica através de gases tinha sua investigação sob a dependência da obtenção de gases puros, de conseguirem produzir um bom vácuo e manter fontes de alta voltagem.

A nível social e tecnológico o desenvolvimento daquela época ainda era pequeno, se comparado ao avanços de hoje. Em 1895 não existiam automóveis nem aviões, praticamente não havia telefones e a eletricidade era muito precária. Os navios que cruzavam oceanos já eram à vapor mas estavam sempre equipados com velas suplementares para casos de emergência. Sendo que dois anos mais tarde, o automóvel, grande novidade, era visto com curiosidade e espanto, mesmo por Rutherford, que na época acabava de receber bolsa de estudo para trabalhar em Londres. Escrevendo à sua mãe quando estava em visita à exposição do Crystal Palace em Londres (1897), fez o seguinte comentário sobre os novos automóveis:

"O que mais despertou meu interesse foram as carruagens sem cavalos, duas das quais estavam treinando nos pátios em frente..." [Segrè, 80 p.3].

"As carruagens sem cavalos" causaram tal impressão e assombro que a escritora Virgínia Woolf no seu romance "Orlando" (título e personagem do livro, que sobreviveu desde o século XIV até o XX) reporta-se ao fato indicando o encantamento de Orlando frente à novidade, ao acordar de um daqueles sonos profundos:

""Olhe para aquilo!" exclamou dias depois quando uma absurda carruagem truncada, sem cavalos, se pôs a deslizar por sua própria conta. Uma carruagem sem cavalos! Será possível?...Tempo esquisito, o de agora". [Woolf, 83 p166]*.

No livro "Dos raios-x aos quarks" Emílio Segrè faz um apanhado interessante daquele momento histórico, narrando aspectos, dos quais aqui serão repetidos alguns, de maior relevância, para bem descrever a situação.

* Foram grifados os termos coloquiais, para chamar a atenção do leitor.

Por exemplo, comenta, com curiosa referência aos tempos modernos, o problema de poluição:

"Não havia poluição, mas as estradas cheiravam a estrume, consequência tão inevitável dos meios de transporte daquela época quanto a fumaça dos nossos veículos movidos a gasolina". [Segrè, 80 p.3].

Refere-se também, em continuação, agora com relação ao mundo físico, dizendo em outras palavras que:

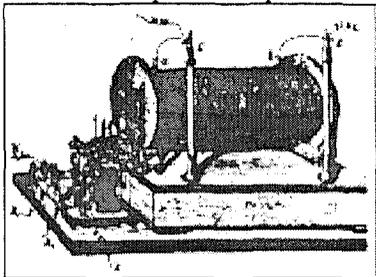
- As comunicações eram feitas precariamente mas já havia os correios, sendo que o mais rápido era o parisiense, que consistia de uma rede de tubos dentro dos quais as cartas eram impulsionadas usando ar comprimido.

- Os laboratórios de física não tinham equipamentos sofisticados como os atuais, quase todos eram organizados aproveitando materiais disponíveis, sem nenhuma sofisticação. Muitas vezes estavam localizados em porões ou galpões precários.

"Em geral havia apenas um professor, que quase sempre morava no próprio laboratório..." [Segrè, 80 p.3].

Curioso pensar que havia instruções por menorizadas sobre o manejo das baterias de pilhas de Bunsen, que alcançavam altas voltagens (na época até 1,95 volts, de difícil manutenção) além de exalarem cheiro forte e incômodo. Enquanto hoje, podem ser encontradas pilhas secas em algumas bancas de jornais da esquina ou em mercados, com voltagens até dez vezes maiores.

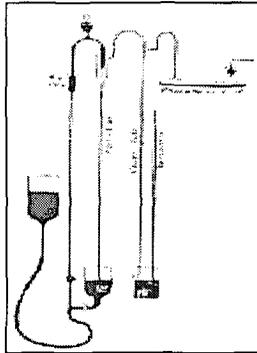
Um dos instrumentos mais importantes da época era a bobina de indução, que funcionava como um transformador, produzindo altas diferenças de potencial. Era composto de dois enrolamentos (cilindro isolante envolvido com fio), sendo um deles alimentado por bateria que produzia uma corrente elétrica. Esta ao ser interrompida repentinamente, induzia corrente no enrolamento secundário, gerando a diferença de potencial necessária para o experimento.



Bobina de indução que produzia centelhas para descarga de eletricidade através de gases

Um dos problemas cruciais da época era a produção de vácuo (espaço vazio ocupado por coisa nenhuma), fator indispensável na execução de experimentos envolvendo gases. O vácuo possibilita a observação dos gases porque nestas condições o gás permanece sob baixas pressões. Os resultados na obtenção de vácuo não eram satisfatórios na

maioria dos casos, mas apesar disso sua utilização nas experiências com descargas de eletricidade em gases, permitiu os avanços posteriores das pesquisas.



Bomba de mercúrio utilizada na época para produzir vácuo em recipientes.

A bomba de vácuo de mercúrio compunha-se de vários tubos comunicantes sendo que um deles continha mercúrio e o outro apenas ar. Esse era conectado a um recipiente que ligava o conjunto a outro reservatório também com mercúrio que era usado tanto para empurrar o ar retirando-o do tubo a ser esvaziado como para medir a pressão, que era o indicador da qualidade do vácuo. O recipiente contendo mercúrio tinha que ser elevado várias vezes para se conseguir um padrão de vácuo razoável porque ao levantar um dos vasos comunicantes (ver no desenho o vaso mais à esquerda da folha), o mercúrio forçava o ar na direção dos outros vasos. Válvulas de escapamento permitiam a saída do ar, possibilitando a formação de vácuo no tubo mais à direita no desenho.

Utilizando a bobina de indução para descargas elétricas e conseguindo produzir um vácuo de poucos milímetros de mercúrio no interior de um tubo curvo de vidro, onde foi colocado um gás, Crookes (1832-1919) diminuindo a pressão do gás, conseguiu observar que a luminosidade produzida pelo gás desaparecia de forma geral, menos na parede oposta ao eletrodo negativo que apresentava um brilho esverdeado. A fluorescência era devido às radiações denominadas raios catódicos porque partiam do cátodo (eletrodo negativo). Dos seus estudos ainda resultou o conhecimento da propagação destes, em linha reta e da possibilidade de serem desviados por um campo elétrico ou magnético.

Para que fosse possível falar a respeito do início da Física Nuclear dever-se-ia portanto reportar-se a esse período (final do século XIX e início do XX) e aos seus acontecimentos. E como exemplo, foram mostradas algumas das dificuldades encontradas, sendo que no caso do vácuo, vale salientar que seu aperfeiçoamento levou a uma produção atual um milhão de vezes melhor.

Época, como já foi dito, em que houve uma guinada decisiva no conhecimento científico principalmente no que se refere à questão da composição da matéria (do mundo atômico e sub-atômico dentro da Física), e ocasionada pela comprovação científica da existência do átomo -

até então colocada como hipótese ou discussão filosófica - e seguida inclusive pelas descobertas que propiciaram o conhecimento do mundo sub-atômico até então inexistente.

É preciso voltar muito no tempo para sintetizar a história da teoria atômica, tão rica em discussões filosóficas, científicas e ainda poéticas, que contá-las aqui fugiria aos objetivos deste, motivo pelo qual serão apresentadas apenas algumas de suas fases mais proeminentes. Que a matéria é composta de pequenas partes indivisíveis e que dependendo da forma de agrupamento, estas formaram a imensa variedade de corpos existente, têm origens, que podem ser datadas do século IV a.C. quando gregos como Leucipo (c.460-c.370) (estabelecendo o princípio da causalidade pela primeira vez), e seu discípulo Demócrito (c.470 - c.380) (que distinguia os átomos por suas características físicas), tiveram a intuição de que a matéria poderia ser dividida sucessivamente mas não infinitamente. À porção mínima e indivisível Leucipo e Demócrito posteriormente, chamaram Átomo.

Desde então a polêmica sobre a realidade do átomo esteve presente nas comunidades científicas. Porém, muitas vezes de forma marginal, a exemplo da filosofia e versos de Epicuro e Lucrecio, que não tinham a preocupação de provar a existência dos átomos ou suas características pois nos versos filosóficos estavam concentrados verdadeiros estatutos de verdade.

"Se se dissolvesse no nada..., todas as coisas seriam destruídas, anulando-se as partes nas quais se decompuseram". [Epicuro em OS PENSADORES, 73 p.23].

"Se o vazio fosse infinito e os corpos limitados, estes não permaneceriam em nenhum lugar, mas seriam levados a dispersar-se no vazio infinito, visto que não teriam nenhum apoio nem seriam contidos por choques. E se o vazio fosse limitado, os corpos não teriam lugar onde estar." [Epicuro em OS PENSADORES, 73 p.24].

Ou Lucrecio, quando fala dos átomos usando os movimentos das partículas de poeira.

"Efetivamente, são os próprios elementos os primeiros a se moverem por si mesmos; vêm depois os corpos cuja composição é reduzida e que estão, digamos assim, mais perto das forças elementares; movem-se impelidos pelos choques invisíveis destas últimas, e, por seu turno, põem em movimento os que são um pouco maiores. Assim o movimento sobe, desde os elementos e pouco a pouco chega aos nossos sentidos, até que se movem aquelas coisas que podemos ver na luz do sol, embora permaneçam invisíveis os choques que os causaram." [Lucrecio em OS PENSADORES, 73 p.56].

Sendo que no pensamento antigo a teoria dos quatro elementos predominou em relação às idéias do atomismo, enquanto na renascença Descartes (1596-1650) opunha-se aos átomos propondo estruturas geométricas no seu lugar e mais adiante Leibniz (1646-1716) combateu as idéias corpusculares de Newton (1642-1727) que também era atomista.

Mas o atomismo obteve um importante destaque quando Dalton (1766-1844), elaborou os fundamentos da primeira teoria científica sobre o átomo, introduzindo a noção de elemento químico, para explicar sua hipótese atômica, podendo assim demonstrar as leis de combinação química que era seu maior objeto de estudo. Esta teoria pode ser explicada resumidamente da seguinte forma: A matéria é formada de moléculas resultantes da combinação de elementos químicos, que por sua vez constituem-se de Átomos. Os átomos de um elemento químico são todos iguais. Assim por exemplo, uma molécula d'água é resultado da combinação de dois átomos do elemento hidrogênio e um átomo de oxigênio.

A partir daí a idéia de átomo enquanto corpúsculo passou a ser admitida e adotada entre os químicos e físicos, sendo porém veementemente contestada pelos energeticistas até a primeira década do nosso século. Os energeticistas eram assim designados devido ao fato de considerarem que a ciência dispensava outras elaborações a respeito da composição da matéria visto que eles conseguiam trabalhar com as grandezas macroscópicas, bem estabelecidas e determinadas na termodinâmica, tais como volume, temperatura, pressão e principalmente o conceito de energia.

Ostwald (1853-1932), principal representante desse movimento, procurou trabalhar na reinterpretação de toda a química em termos da energia, usando os dois princípios da termodinâmica, na tentativa de provar que a teoria atômica, juntamente com a concepção da matéria ligada a uma interpretação mecânica da natureza, era ultrapassada. Polemizou suas convicções com diversos cientistas vindo renunciar ao combate do atomismo após os trabalhos de Thomson (1856-1940) sobre ionização em gases e os trabalhos de Jean Perrin (1870-1942) sobre o movimento browniano (aquele no qual as partículas se movem aleatoriamente sem direção e sentido privilegiados).

Só em 1895 e nos anos subsequentes, com as descobertas do raio-x, da radioatividade natural e do elétron, foi modificado substancialmente todo enfoque dado à composição da matéria e a essa área do conhecimento, distinguindo-se componentes do interior dos átomos, como também os estudos sobre sua estrutura interna. Antes porém do prosseguimento nessa discussão é importante que seja feita uma descrição dessas descobertas.

Tanto a descoberta do raio-x quanto a do elétron estavam inseridas na continuidade das pesquisas sobre descargas em gases e raios catódicos, enquanto que a radioatividade era um fenômeno inteiramente novo e inesperado, que abalou concepções estabelecidas como foi o caso da teoria atômica, referida anteriormente, onde considerava-se o átomo como partícula indivisível.

O raio-x foi descoberto por Wilhelm Conrad Röntgen em 1895, quando fazia investigações sobre os raios catódicos, notou que na tela de platina e bário, colocada a certa distância da aparelhagem, brilhava no

momento em que uma descarga era produzida, apesar da proteção de cartolina preta forrando o experimento. Tal brilho indicava a existência de radiação desconhecida. Ele repetiu diversas vezes seus procedimentos experimentais.

A descoberta de Röntgen foi registrada em relatório, após semanas de pesquisas confinado no seu laboratório, como se pode ler nas suas palavras, retiradas numa citação de Segrè:

"Se passarmos a descarga de uma grande bobina de Ruhmkorff * através de um aparelho de Hittorf ** ou de Lenard, de Crookes ou de outro suficientemente esvaziado de ar, e cobrirmos a válvula com uma manta bem ajustada de cartolina negra, observaremos, em um compartimento inteiramente às escuras, que uma tela de papel coberta com platinocianeto de bário se ilumina e fosforesce da mesma forma, quer se ponha voltado para a válvula de descarga o lado tratado quer se ponha o outro lado". [Segrè, 80 p.22].

Como se vê, Röntgen trabalhava com uma válvula, coberta com uma cartolina preta, isso significava para aquela época, que nada poderia atravessar tal barreira. E porque não era um fato esperado, Röntgen precisou convencer-se, investigando e explorando as propriedades da nova radiação.

"Podemos somente dizer que os raios-X surgiram em Würzburg entre 8 de novembro e 28 de dezembro de 1895". [Kuhn, 92 p.84].

A partir do conhecimento dos raios-x foi possível usar novos métodos de ionização de gases e estudar o comportamento dos íons gasosos, trabalho efetuado por J. J. Thomson, levando-o ao estudo dos elétrons livres. Em 1897, ele comprovou a natureza corpuscular dos raios catódicos, mediu a velocidade e a razão carga/massa dos corpúsculos, que foram mais tarde chamados elétrons. Além disso, propiciou indagações com respeito à possibilidade de materiais fluorescentes também emitirem raios-x.

Ao tomar conhecimento destes acontecimentos, principalmente das radiações observadas, Henri Becquerel (1852-1908), que prosseguia nas investigações do seu pai sobre a fosforescência e fluorescência do urânio sob ação de diferentes luzes, imaginou que os dois fenômenos poderiam ter relação, mas inicialmente, não obteve êxito nas suas tentativas experimentais.

Nos primeiros experimentos Becquerel tomou uma placa fotográfica, e sobre esta depositou uma amostragem de sulfato de urânio e potássio, envolvendo-o em papel preto. Deixou o conjunto exposto por vários dias à luz solar e observou, após revelação, manchas escuras provenientes da posição do material. Esses resultados, entretanto, foram

* Também conhecida como bobina de indução, encontra-se descrita no início deste item.

** "O aparelho" a que se refere, são tubos de vidro com eletrodos metálicos, no interior dos quais eram colocados os gases para estudos.

analisados como decorrentes da fluorescência do urânio. Numa outra tentativa, repetiu o procedimento mas como o dia estava nublado, não foi possível prosseguir. Guardou então a placa fotográfica e o mineral sobre esta, em uma gaveta. Dias depois, quando revelou a placa, observou que mesmo na ausência de luz, a chapa fotográfica também ficava marcada. Nesse caso, como consta nas conclusões do seu relatório, citado por Sègre:

"Como o sol não voltou a aparecer durante vários dias, revelei as chapas fotográficas, a 1º de março, na expectativa de encontrar imagens muito diferentes. Ocorreu o oposto: as silhuetas apareceram com grande nitidez". [Segre, 80 p.30].

Em março do mesmo ano já efetuara progressos constatando que, além de emitir espontaneamente radiações, o urânio também ionizava os gases, tornando-os condutores. Continuando suas pesquisas Becquerel investigou, procurando identificar as propriedades destas radiações mas chegou apenas a observar que ao aproximar um imã, as radiações emitidas subdividiam-se em três feixes de raios dos quais dois eram encurvados, um para a direita e outro a esquerda, e ainda que o terceiro feixe não sofria deflexão, assemelhando-se aos raios-x.

A identificação e denominação foi feita posteriormente mostrando que os três tipos de radiação emitidos por um material radioativo são: a partícula α (alfa), que é o núcleo do átomo do gás Hélio, tem carga positiva e massa de 4 prótons, perde energia rapidamente ao penetrar a matéria e não consegue atravessar uma folha grossa de papel; a partícula β (beta), que é o elétron em alta velocidade, portanto tem carga negativa e pequena massa, por isso perde energia mais lentamente que a α (alfa) e pode atravessar até uma folha metálica fina; e raio γ (gama), é uma radiação eletromagnética, sem carga ou massa de repouso e consegue penetrar folhas grossas de metal. O raio γ é semelhante aos raios-x, dos quais difere pela origem (o raio-x é emitido pelo movimento do elétron no átomo, ao passo que os raios γ são provenientes do interior do núcleo atômico).

Atualmente sabe-se que a radiação é um tipo de energia, que pode ser emitida por uma fonte, na forma de partículas com ou sem carga elétrica, ou sob a forma de ondas eletromagnéticas, propagando-se da fonte em trajetórias retilíneas. Em outras palavras, a radiação é a propagação de energia, podendo ser classificada em dois grupos: corpusculares (feixe) de partículas ou eletromagnéticas (constituídas de campos elétricos e magnéticos oscilantes e com velocidade igual a da luz).

Além disso, se a radiação possui energia para remover um elétron do átomo neutro, diz-se que é ionizante. O processo de ionização é justamente aquele em que, pela remoção de elétrons, o átomo torna-se um íon positivo.

O estudo dos 'raios de Becquerel' foi tema da tese de doutoramento de Mme. Marie Curie, que, no decorrer da pesquisa, modificou sua tese passando a procurar outros materiais que emitissem os mesmos 'raios'.

Descobriu, de fato, outras substâncias além do urânio e propôs o termo radioatividade para exprimir que o corpo emite radiação penetrante.

Voltando então ao quadro de descobertas daquela ocasião, resta falar sobre o primeiro dos componentes do átomo a ser classificado como tal, o Elétron. Para tanto é preciso retomar as pesquisas em curso no final do século passado.

Tendo em vista os estudos sobre os raios catódicos, J.J. Thomson investigou e conseguiu provar que eles eram constituídos de partículas carregadas negativamente. Tais provas foram encontradas através da determinação do valor da carga (q) e da massa (m) de cada partícula. Como os resultados indicavam uma constância na razão q/m , qualquer que fosse o material utilizado, ele concluiu que todas as substâncias possuíam a mesma espécie de partícula. Estas partículas foram mais tarde denominadas elétrons. Faltava identificar ainda, comprovando a unidade de carga elétrica; o que foi efetuado muitos anos mais tarde (1909) por Millikan (1868-1953), obtendo-se a prova final da natureza atômica da matéria.

Todas as descobertas descritas, conduziram à hipóteses diversas sobre a estrutura do átomo. Nessa época já eram conhecidos muitos elementos atômicos e uma vez já identificados o elétron (1897) (como partícula carregada negativamente e sub-atômica) e no ano seguinte o próton (como partícula carregada positivamente também sub-atômica), aparece o primeiro modelo* de átomo idealizado por J.J. Thomson, apresentado atualmente em desenho esquemático e comumente chamado de "pudim de ameixas". Esse modelo, bastante utilizado ainda hoje nas aulas de química das escolas secundárias, era pensado como se fosse um "pudim" carregado positivamente onde estavam imersos pequenos "caroços" carregados negativamente.

Enquanto modelo, o "pudim de ameixa" apresentava inconsistência pois não era possível, por exemplo, a um elétron penetrar, sem que ocorressem perturbações. Philipp Lenard (físico alemão) tentou solucionar este problema, idealizando os átomos como preenchidos pelas partículas positivas (prótons) e partículas negativas (elétrons) mas contendo bastante espaços vazios.

Até que em 1911, Rutherford, bombardeando uma folha fina de ouro com um feixe de partículas α , observou que a maioria delas atravessava a folha, mas algumas poucas eram refletidas e outras eram desviadas, em geral ligeiramente, da sua trajetória.

À primeira vista, esses acontecimentos observados podiam ser explicados, admitindo que eram devidos aos possíveis choques com as outras partículas. Porém, nas análises mais apuradas Rutherford, pensando no modelo de Thomson ajustado às idéias de Lenard, deduziu que: não poderia ser um elétron a causa dos desvios pois ele devia ser

*Um modelo é a representação esquemática de algum fenômeno ou objeto dos quais não se conhecem as formas, para melhor visualização e/ou estudo.

leve demais para refletir uma partícula α e que cargas positivas até poderiam explicar alguns dos desvios ocasionais, mas as reflexões como estavam apresentadas, teriam que ser causadas por uma concentração de massa e carga no centro do átomo. Assim, a explicação resultava que o átomo devia ser constituído de um núcleo central massivo, com carga elétrica positiva envolvido por uma esfera de elétrons circundando-o.

Estava descoberto o núcleo atômico.

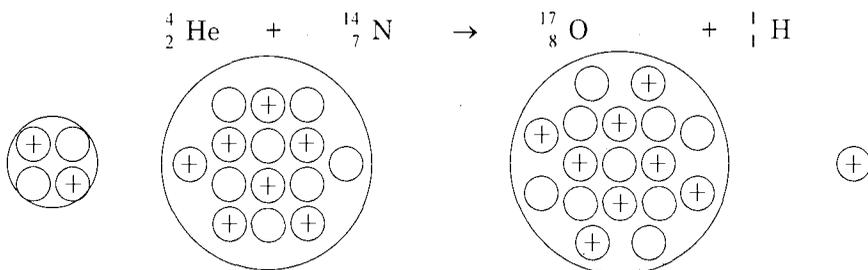
Com esta descoberta, Rutherford idealizou o novo modelo atômico que consistia de um núcleo onde estariam concentradas as cargas positivas, além de praticamente toda a massa atômica e tendo à sua volta os elétrons, girando em órbitas circulares, formando a eletrosfera. A grande dificuldade deste modelo era explicar a estabilidade dessa eletrosfera, pois, segundo a teoria eletrodinâmica da época, o elétron ao girar em órbita circular, adquire uma aceleração centrípeta que é responsável pela emissão de radiação. Tal emissão causaria perda contínua de energia, e o elétron se moveria em espiral até atingir o núcleo, deixando de existir o átomo, o que contrariaria a observação da natureza: os átomos são estáveis, não desaparecem.

Tal questão foi em seguida tratada por Niels Bohr, que contestou a teoria da eletrodinâmica, apresentada acima, sobre o elétron, e propôs dois novos postulados; no primeiro determinava que no átomo as órbitas dos elétrons seriam estacionárias com raios bem determinados, sendo que nesses casos, o elétron não emitiria nem absorveria radiação. No outro postulado argumentava que o átomo só emitiria ou absorveria radiação quando passasse de um para outro de seus estados estacionários, introduzindo assim novas hipóteses para o modelo "planetário". Posteriormente o modelo foi completado por Arnold J.W.Sommerfeld (físico alemão 1868-1951) com a introdução de órbitas elípticas.

Pode-se dizer que a partir dessa ocasião, tiveram início os estudos e pesquisas sobre a estrutura e composição do núcleo atômico e dos novos modelos de átomo tanto do ponto de vista químico quanto do físico. Faz-se notar que todas estas descobertas traziam uma modificação surpreendente na visão física da matéria, pois o átomo que era a menor parte indivisível, passa não só a ser aceito por toda comunidade científica, como agora é constituído de partículas positivas e negativas, além de conter um núcleo dentro do qual investigava-se sobre o que poderia ter no seu interior.

Estes trabalhos eram desenvolvidos paralelamente aos estudos sobre a radioatividade e a difusão de raios-x através da matéria, o que permitiu a Rutherford pôr em evidência a primeira transmutação nuclear.

Num recipiente contendo nitrogênio, ele aplicou uma fonte que emitia raios α . Ao fazer variar a posição do feixe de raios α em relação a uma tela de sulfato de zinco, esta assinalava a passagem dos raios por uma cintilação visível ao microscópio. Essa reação pode ser escrita como:



Onde os algarismos de baixo designam o número atômico Z (número de elétrons) do átomo e os de cima indicam a massa atômica ou número de massa A (total de nêutrons e prótons). Como se pode observar as somas respectivas de Z e de A , no primeiro termo da reação, são iguais às somas respectivas de Z e de A , no segundo termo da reação, isto é, o número de prótons, de nêutrons e de elétrons são os mesmos antes e depois da reação.

É curioso que em 1920, Rutherford apresentava numa conferência os resultados das pesquisas efetuadas desde 1911, onde indicava que o átomo é composto de um núcleo denso, positivo e pequenino ($\sim 10^{-12}$ cm de raio) e logo em seguida já se pensava no núcleo como contendo massa (A) de prótons e ($A-Z$) de elétrons. Sendo que o arranjo interno desses corpúsculos era completamente desconhecido. Entretanto, muito antes já se pensava na possibilidade de existir uma partícula neutra. E o próprio Rutherford utilizava o termo nêutron para referir-se a corpúsculos neutros. Entre 1920 e 1930 numerosos artigos sobre transmutação foram publicadas, mas a descoberta do nêutron demorou vários anos para ser concluída, donde se pode dizer que ela não foi nem ocasional nem inesperada.

De um lado, Rutherford insistia na existência de uma partícula neutra de massa igual a do próton, concebendo-a como um átomo de hidrogênio no qual o elétron estaria no interior do núcleo, neutralizando sua carga. Na Alemanha, os primeiros passos para a descoberta do nêutron foram dados por W. Bothe e H. Becker que bombardearam berílio com partículas alfa de polônio e descobriram uma radiação penetrante que interpretaram como raios gama.

Na França, em janeiro de 1932 Irène Curie (1879-1956) e Frédéric Joliot (1900-1958), resolveram utilizar uma amostra de polônio na experiência em que estudavam a radiação penetrante observada por Bothe. Esse experimento foi feito com uma câmara de ionização* conectada a um eletrômetro - eletroscópio calibrado - e posteriormente

*A câmara de ionização é um detector de radiação baseado na produção de ionização no gás, devido à passagem de uma partícula carregada. A câmara é preenchida com um gás onde é aplicada uma certa voltagem. Com a passagem de uma partícula, o gás se ioniza, o que permite a coleta de elétrons pelo eletrodo existente no centro da câmara. Maiores detalhes, no próximo item.

confirmada numa câmara de nuvens^{**}. Eles descobriram que ao fazer incidir essa nova radiação em outras substâncias contendo hidrogênio, ela provocava a produção de prótons com muita energia. O resultado encontrado indicava que havia colisão entre esses prótons e a "radiação" (observada), visível na câmara de nuvens por um traço da trajetória deixado pelo próton sendo ejetado. Entretanto, eles não perceberam que essa "radiação" era de fato uma partícula e consideraram-na uma radiação de energia muito alta.

Conhecendo estes resultados, Chadwick repetiu os experimentos usando ainda o berílio (Be) como alvo e o polônio como fonte de partícula α , além de fazer colidir a "radiação" emergente com nitrogênio (N) e hélio (He). Como já tinha tentado produzir o nêutron em várias experiências e por diversos métodos, suas análises o levaram diretamente a identificar tal radiação como o nêutron, conseguindo avaliar a massa do nêutron, comparando a ionização do hidrogênio com a do nitrogênio. Assim, concluiu que esse componente neutro tinha massa aproximadamente igual à do próton.

Descoberto o nêutron, restava a confirmação de que este era o outro componente do núcleo atômico. A hipótese foi defendida por W. Heisenberg (1901-1976). A partir dessa época, a nova geração de físicos em muitas universidades passou a dedicar-se ao estudo dos problemas relativos à FÍSICA NUCLEAR. Principalmente realizando experiências de reações nucleares, o que resultou em evidências da existência de novas partículas nucleares.

Todo este período de descobertas, rico em ocorrências nos mais variados setores, aqui abordado, pode deixar uma idéia errônea, de que esses acontecimentos sucederam-se passiva e linearmente, visto que é difícil contar como ocorreram os fatos com todas suas nuances. Vale pois lembrar que algumas descobertas e novos postulados ao serem apresentados à comunidade científica, causavam uma mudança de expectativas e de procedimentos, provocando novos estudos e pesquisas tanto experimentais quanto teóricos, ao mesmo tempo que em alguns casos reafirmavam ou tornavam-se mais acessíveis. Assim, no início do século, foram abertos os caminhos para o aparecimento tanto da mecânica quântica quanto da teoria da relatividade.

Apesar dos estudos sobre estes campos da Física não fazerem parte dos objetivos do trabalho, toda a Física Nuclear desenvolveu-se utilizando as teses e postulados desenvolvidos neles dois.

A teoria quântica contribuiu nas explicações das estruturas atômica, da nuclear e das massas dos núcleos. A relatividade facilitou a compreensão e o estudo das reações nucleares.

^{**}A câmara de nuvens é também uma câmara de ionização, onde um vapor superesfriado será condensado em gotículas, pela presença de ions no seu interior. Maiores detalhes, no próximo item.

Por estes motivos consideramos importante delinear sucintamente os campos para possibilitar um entendimento mais abrangente dos fenômenos e situações apresentadas.

A Mecânica Quântica apareceu quando os átomos ainda eram imaginados como constituídos de cargas elétricas positivas e negativas, e a emissão de radiação era devida ao movimento daquelas cargas umas em volta das outras. O nome quântica vem do aprimoramento dessas idéias. Inicialmente por Planck, em 1901 quando argumentava que cada tipo de átomo podia emitir uma certa quantidade de energia luminosa, não transmitida com continuidade, mas em forma de "pacotes" de energia aos quais chamados quanta. Em outras palavras, o quantum ou fóton é uma radiação eletromagnética emitida pelo átomo propagando-se em pequenos pulsos de energia, sem massa de repouso ou carga elétrica, comportando-se como onda eletromagnética.

Por outro lado, em 1905, Einstein atribuindo o nome fóton ao pacote de energia eletromagnética e portanto concordando com Planck, estendeu estas hipóteses para toda a luz, mostrando que ela é quantizada e descrevendo o fóton com maior precisão, particularmente estudando a questão das propriedades corpusculares da onda. Estudos posteriores sobre a natureza da luz levaram à demonstração de que tanto a luz como as partículas ditas elementares comportam-se como onda e também como partícula.

Para conciliar a duplicidade de características na luz a mecânica quântica vai utilizar o conceito de probabilidade para explicar que o que existe é uma grande possibilidade de ser encontrada uma partícula numa dada posição, se a onda em que está inserida for intensa. Caso contrário é pouco provável. Ou seja, já não se tem a certeza de encontrar uma partícula em uma determinada posição, devido ao seu caráter onda-partícula.

No caso da natureza ondulatória das partículas, nas situações mais usuais, as cristas das ondas estão próximas umas das outras, ou seja, o comprimento de onda é muito pequeno, por isso não são observáveis na maioria das circunstâncias. Para que seja possível observá-las é necessário que ocorra o fenômeno chamado difração, que haja interação com objetos de dimensões semelhantes ao comprimento de onda, fazendo com que cristas sucessivas fiquem longe umas das outras. Desses conceitos e seus desdobramentos nasceu um vasto campo de estudos físicos (a mecânica quântica), substituindo a mecânica Newtoniana nas explicações e descrições dos átomos.

Naquela mesma época, Einstein descobriu e conseguiu provar que a lei de conservação da energia não era adequada a todos os fenômenos. Através da equação que relaciona a energia com a massa, mostrou que é a combinação da energia com a massa que se conserva, pois são permutáveis. Equação esta que é formalizada em $E = mC^2$ onde C é a velocidade da luz, a maior velocidade com que um objeto físico pode se

propagar, ou seja, não existem velocidades maiores que a da luz, sendo seu valor medido em aproximadamente 300.000 Km/s.

A partir daí Einstein elaborou a teoria da relatividade, que está baseada na admissão de que o tempo e o espaço são grandezas dependentes do ponto de observação, logo, são relativos àqueles que as observam.

Todo o desenvolvimento verificado a partir dessa época leva em consideração conceitos e teorias recentes que modificaram substancialmente a observação do mundo físico com será descrito a seguir.

Referências Bibliográficas

- BARBOSA, HORTA. *História da Ciência*. Rio de Janeiro, Publicação do I.B.B.D., 1963.
- BASSALO, J. M. F.. "A crônica da física das partículas elementares"."As experiências de Pensamento em Física""A crônica da física moderna". In: *Crônicas da Física*, Tomo 1, Cap.1,2,5,Bélem, Ed.partic.do PIDL, 1987, páginas.1-112, 450-482.e 127-241.
- COHEN, B. L.. *Concepts of nuclear physics*. New York, McGraw-Hill, 1971
- EISBERG. *Fundamentos da Física moderna*
- GOLDEMBERG, J. . *O que é Energia Nuclear*. Coleção Novos Passos, São Paulo, Ed. Brasiliense ,1985. - *100 anos de física no Brasil* . Mimeo.
- SEGRÉ, E.. *Dos raios x aos quarks - Físicos modernos e suas descobertas*. W.H. Freeman and Company, 1980.

UTILIZAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS NA RELAÇÃO INTERDISCIPLINAR DO ENSINO DE FÍSICA NA UFAC

Alejandro Fonseca Duarte,
Murilena Pinheiro de Almeida,
Maria do Carmo Cunha Forneck,
José Carlos da Silva Oliveira,
Antônio Maria Freire Passos,
Francisco Eulalio Alves Santos
Reginaldo Fernando Ferreira de Castelo,
Maria do Socorro D'ávila do Nascimento
Universidade Federal do Acre, UFAC

Resumo

O ensino das diferentes áreas de conhecimento vem sofrendo transformações, objetivando o uso de novas tecnologias.

Essas tecnologias abrangem Softwares, Vídeos e Tele-Comunicações em geral. Isto implica, conseqüentemente a introdução de novas metodologias de ensino que busquem articular uma relação interdisciplinar, desenvolvendo no educando a integração de habilidades e conhecimentos.

Neste contexto, a Universidade Federal do Acre, na área de Ciências da Natureza, está implantando essas tecnologias, utilizando meios de computação de padrões atuais, incluindo multimídia e softwares, vídeos, ligação via internet e recepção de informações via satélite através de antenas parabólicas (...) Dinamizando o ensino da Física nas áreas de Engenharia, Biologia, Química e Matemática.

O Departamento de Ciências da Natureza, vem desenvolvido ações pedagógicas que visam a melhoria do processo ensino-aprendizagem nas áreas de Ciências nos diferentes níveis de ensino.

Introdução

Metodologias e propostas pedagógicas

No presente trabalho pretende-se evidenciar alguns pressupostos metodológicos, princípios didáticos e meios para a eficiência da aprendizagem.

Entre os princípios metodológicos vigentes destaca-se a individualização de ensino, objetivando os canais próprios de aprendizagem que devem ser descobertos pelo professor em sua atividade diária.

Também, destaca-se a intensificação da aprendizagem dada pela possibilidade de elaborar e reelaborar uma maior quantidade de informações num menor tempo.

Entre os resultados de formação está a integração das habilidades de manuseio de equipamentos como o computador, de forma interativa; a solução de problemas de cálculo; a interpretação das seqüências dos processos; a ocorrência e a regularidade dos fenômenos e as relações de causa e efeito, no sentido de fomentar as abstrações da realidade física através de modelos.

Para o ensino da Física, nas distintas especialidades, leva-se em conta a indivisibilidade das Ciências. Considera-se também a necessidade de incentivar um ensino participativo.

Meios e propósitos

A pertinente utilização da computação e as comunicações influenciam positivamente no processo de ensino e aprendizagem. Tanto no que se refere aos métodos tutoriais quanto aos métodos de simulação.

Nenhum destes métodos elimina a possibilidade de interação com a realidade, através do laboratório, bem como com o próprio ambiente

Falando de meios, são possíveis de serem utilizados vídeos com diferentes temáticas: a luz, incluindo sua natureza e as interações; o calor, importante tanto para a vida como para os processos tecnológicos; os movimentos, tanto o movimento mecânico quanto o complexo movimento biológico; a eletricidade e magnetismo e as suas relações homem-sociedade; o mundo dos átomos, das moléculas, das ligações e da estrutura da matéria, etc.

Este meio se enriquece continuamente com as possibilidades de gravação de novos vídeos recebidos via satélite através da TV Escola para ensino das Ciências no primeiro e segundo graus.

Os meios computacionais contam com diferentes aplicativos, interligados ao intercâmbio de informação e a experimentação na direção aluno - computador - aluno.

Entre os pacotes de programas em utilização encontram-se as temáticas de oscilações e ondas mecânicas e eletromagnéticas; óptica ondulatória para simulação dos fenômenos de interferência, difração e polarização; raios-x para o estudo de estruturas cristalinas; fótons para o estudo experimental simulado do efeito foto-elétrico externo em mais de vinte metais diferentes; átomos, que possibilita representar a ocorrência das séries espectrais do átomo de hidrogênio; termos espectrais, que permite estender a regularidade das transições eletrônicas para o caso dos átomos com muitos elétrons; núcleos, que possibilita estudar a estrutura e as transformações dos núcleos atômicos e outros.

As possibilidades de transmissão de informação com o uso dos diferentes meios e a interação do aluno para aprender, devem estarem contempladas na proposta pedagógica do professor. Como também equilibrar as discussões e interpretações, soluções de problemas, conclusões, durante as seções de trabalho individual e coletivo.

As diferentes atividades de ensino nas salas de aulas tanto teóricas quanto experimentais devem contar com literatura editada para estes fins.

Avaliação

O processo de avaliação contempla testes de compreensão em grupo, comparação entre diferentes grupos, qualidade dos relatórios e expressões orais, com descrição de fenômenos e resolução de problemas, que envolvem as atividades de ensino mediante as novas tecnologias e as suas implicações com a vida.

O desenvolvimento do processo de avaliação vem sendo realizado incorporando os resultados das experiências positivas e aperfeiçoando os métodos e meios para atingir os objetivos de formação de atitudes e habilidades.

Os materiais didáticos escritos foram postos à disposição de instituições de ensino para uso desta prática. Alguns dos resultados atingidos foram divulgados em publicações, tais como Revista Cubana de Educação Superior (1987, 1993, 1995), Revista Mexicana de Física (1993), e no Curso de Especialização de Ensino de Ciências no Estado do Acre (1996).

Softwares

Apresentam-se, ao vivo, nove pacotes de programas para o estudo de diferentes temas: Ondas (para o estudo de oscilações e ondas mecânicas e eletromagnéticas), Óptica (para o estudo da Interferência, Difração e Polarização), Raios X (para o estudo da determinação dos parâmetros de estruturas cristalinas), Fótons (para o estudo da radiação térmica e o efeito fotoelétrico), Átomos (para o estudo das series espectrais do hidrogênio segundo Bohr), Termos (para o estudo dos espectros dos átomos multieletrônicos -metais alcalinos- e o modelo vetorial do átomo), Núcleos (para o estudo das transformações nucleares), Gases (para o estudo de estados nos gases ideais e reais), Processos (para o estudo das transformações termodinâmicas incluindo ciclos).

Os aplicativos DOS usam um ambiente integrado em Windows'95.

Exposição de alguns resultados

Livros para o Ensino de 3º grau

- Guia e Referencias
- Óptica
- Física Moderna
- Relatórios, por exemplo, elaborados por estudantes da Disciplina Física XI do Curso de Engenharia Civil-UFAC sobre Movimento Oscilatório,
- Programa de Mestrado para a Formação de Professores no Ensino da Física mediante Novas Tecnologias.

UMA NOVA ABORDAGEM DA FÍSICA DO VÔO

Weltner, Klaus

Instituto de Física da UFBA - Rua Caetano Moura, 123 - Federação
Campus Universitário de Olinda

CEP: 40.210-340 - Salvador - Bahia e Universität Frankfurt (Alemanha)

1. Introdução

A física do vôo pode despertar interesse para as aulas de física nas escolas. Mas normalmente este potencial não é usado. Uma causa disso pode ser a maneira pela qual este assunto é tratado ordinariamente.

A explicação convencional da sustentação da asa é baseada na lei de Bernoulli segundo a qual a pressão acima da asa é explicada como consequência da maior velocidade do ar acima dela. Este raciocínio tem defeitos fundamentais, pois não é possível dar uma razão para a maior velocidade do ar acima da asa.

A abordagem apresentada aqui foi elaborada por Smith (USA) [1], Fletcher (Inglaterra) [2], Ingelman Sundberg (Suécia) e Weltner (Alemanha) [2] e se baseia nas leis de Newton e nas equações de hidrodinâmica de Euler em particular.

A asa do avião tem um ângulo de ataque em relação ao ar e a direção do próprio movimento. A asa força o ar em torno dela e se mover para baixo, acelerando-o assim, para baixo pois exerce uma força sobre ele dirigida para baixo. A contra-força (reação do ar) é orientada para cima e representa a força de sustentação.

Esta abordagem é adotada por alguns livros textos como o do Halliday - Resnick, mas as explicações convencionais sobrevivem ainda na maioria deles com uma certa inércia.

2. Análise da Explicação Convencional da Sustentação

A explicação convencional usa a lei de Bernoulli com base aplicando-a ao escoamento do ar em torno de uma asa. Em primeiro lugar a lei de Bernoulli nos diz experimental e teoricamente que: no escoamento de um fluido a pressão é tanto menor quanto maior for a sua velocidade. Em segundo lugar tem-se empiricamente que no escoamento do ar em torno de uma asa a densidade dos filetes de escoamento do ar é maior acima da asa do que abaixo dela. Conclui-se que a velocidade do ar acima da asa é maior do que a de baixo. Finalmente esta velocidade maior do ar acima da asa combinada à lei de Bernoulli serve como causa de uma pressão menor acima e uma pressão maior abaixo da asa.

Esta explicação é incompleta. Falta uma explicação de como a asa leva o ar a escoar assim ou como a asa causa estas diferenças nas velocidades. Esta falta é fundamental. Sem entender como a asa modifica as velocidades do escoamento do ar, não se entende o papel da

asa. Nos livros textos são encontrados os seguintes tratamentos deste problema.

i) Raciocínio a respeito dos comprimentos dos caminhos percorridos pelo ar:

Vejamus um exemplo, [3]: “A figura mostra o aspecto das linhas de corrente do escoamento em torno do aerofólio, no plano da seção transversal.

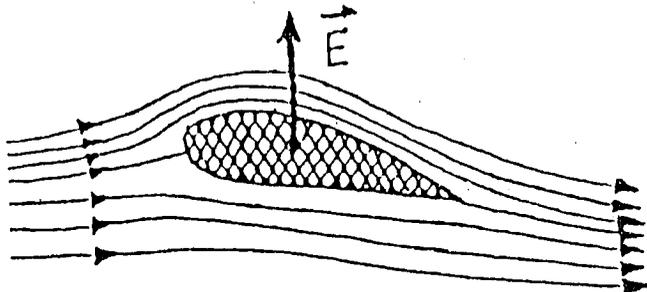


Figura 01 - Escoamento do ar em torno da asa

A velocidade do ar é maior na parte superior da asa do que na inferior (o ar tem uma distância maior a percorrer por cima). Novamente, pela equação de Bernoulli (fenômeno de Venturi), a velocidade maior de escoamento reduz a pressão na parte superior, e o empuxo dinâmico E resultante sustenta o avião”.

Este raciocínio se baseia na hipótese de que as partículas do ar que estavam juntas à frente da asa se juntem novamente atrás dela. Smith (1972) [1] destacou que esta hipótese é errada.

Realmente, a figura 2 mostra que as partículas do ar que estavam juntas à frente da asa nunca mais se ajuntarão atrás dela.

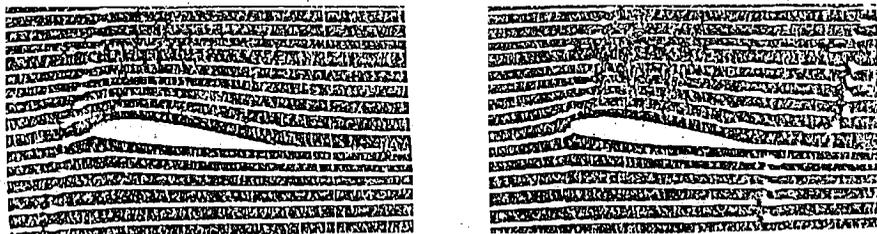


Figura 2 - Linhas de escoamento em torno de uma asa. À esquerda: Volumes indicado à frente da asa. À direita: os mesmos volumes indicados atrás da asa.

O caminho percorrido pelas partículas acima da asa é bem maior do que o caminho percorrido por elas abaixo dela. A diferença dos caminhos percorridos não tem nada a ver com possíveis diferenças dos comprimentos geométricos dos caminhos acima e abaixo. O raciocínio é totalmente errado e não deveria ser usado.

ii) Raciocínio a respeito da circulação:

A sustentação é sempre combinada com uma circulação do escoamento. Então existem autores que dão à existência da

circulação como causa da distribuição das velocidades em torno da asa. Este raciocínio tem caráter tauto lógico. O conceito de circulação é uma descrição matemática da distribuição das velocidades mas não é uma explicação.

iii) Raciocínios irrelevantes tais como: "A forma da asa leva o ar a escoar assim "

Resultado: Podemos dizer que a explicação convencional é incompleta ou errada. A origem deste dilema é o fato de que a maior velocidade acima da asa é uma consequência da menor pressão e não a causa dela.

3.A Sustentação e a Aceleração do Ar Para Baixo

A explicação da sustentação de um motor de um helicóptero comumente é baseada nas leis da mecânica. Um fluxo de ar é empurrado e acelerado para baixo. Para isso o rotor exerce uma força sobre o ar. A reação é a sustentação. Igualmente é explicada a propulsão a hélice ou a jato.

Num raciocínio global a asa faz a mesma coisa. A asa é uma superfície um pouco curva com um certo ângulo do ataque em relação à linha de seu próprio movimento horizontal. Esta superfície desvia o escoamento do ar em torno de si mesma para baixo. Este desvio pode ser demonstrado facilmente com um secador de cabelos e um modelo de uma asa feita de cartolina com uma tira de papel fixada na borda traseira da asa e pode se ver que a direção do escoamento atrás da asa tem aproximadamente a direção desta parte da asa. Mudando o ângulo de ataque muda-se a direção do escoamento do ar atrás da asa. A sustentação equivale ao fluxo do impulso vertical do escoamento.

A aceleração vertical do ar pode ser demonstrada também para o ar em repouso. Um papel ou uma bola leve de algodão é fixa num dos braços de uma haste levíssima. A haste é então pendurada num suporte de modo que sua posição de equilíbrio seja a horizontal podendo-se mover livremente no plano vertical. Este arranjo serve como indicador dos movimentos do ar.

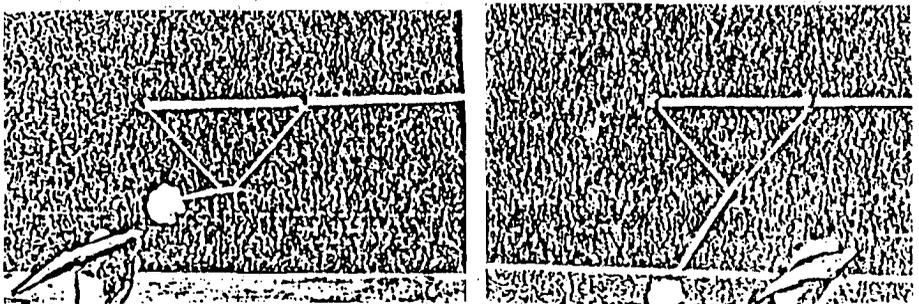


Figura 3 - Posição do indicador antes e depois que a asa passou

Se um modelo de uma asa é movimentado horizontalmente abaixo do papel ou algodão do arranjo, este se move para baixo. O movimento

será mais destacado se o ângulo do ataque (que pode ser de até 20°) e a velocidade do movimento da asa forem maiores.

Este raciocínio e estes experimentos simples podem ser demonstrados sem dificuldades em classe e servem para esclarecer relações fundamentais.

A sustentação depende do *ângulo de ataque*, quer dizer, o ângulo entre a direção do escoamento do ar e a orientação da asa. O fluxo do impulso vertical, que equivale à sustentação, é, em primeira aproximação proporcional ao ângulo de ataque quando este se situar entre -10° e $+20^{\circ}$. Fora desta faixa, o escoamento não segue mais a geometria da asa. Começa a turbulência. Por exemplo: com ângulos acima de 20° a sustentação não aumenta mais e até diminui.

A sustentação depende da *velocidade*. Se a velocidade for dobrada mas a geometria do escoamento e das linhas de escoamento permanecem as mesmas, dobrarão:

- a massa do ar acelerado para baixo por segundo.
- a velocidade vertical do ar causada pela passagem da asa.

Com os efeitos juntos, a sustentação é quadruplicada, se a velocidade for dobrada. A sustentação é proporcional ao quadrado da velocidade relativa entre o ar e a asa.

A sustentação depende da *densidade do ar*. Realmente, todas as forças são proporcionais à massa acelerada. Se as demais condições permanecerem constantes e somente a massa sofrer variação então as forças serão proporcionais à densidade.

Sabemos que a um altitude de 12000m a densidade do ar e a pressão atmosférica só têm um quarto de seu valor na superfície da Terra. Por isso, para um vôo a esta altura o valor da força de sustentação cai para 1/4. Este efeito pode ser compensado duplicando-se a velocidade do vôo (o que provocará a quadruplicação da força de sustentação). Por outro lado a força de atrito do ar é proporcional à densidade e também ao quadrado da velocidade o que a manterá constante quer na superfície da Terra quer a 12000m. Desse modo um avião que voe a 12000m de altura terá a sua velocidade duplicada sem gastos adicionais de combustível.

Sustentação e *atrito induzido* - o ar acelerado para baixo tem energia cinética. Esta energia deve ser fornecida pela asa. Então a asa que se move na direção horizontal acelerando o ar para baixo, sente um atrito que é denominado atrito induzido.

Mediante todos estes fatos concluímos que o raciocínio baseado nas leis da mecânica é coerente e abrangente.

4. A Equação Unidimensional de Euler - Mecanismo de Gerador de Diferenças de Pressão.

As equações de Euler tratam os gradientes de pressão em fluidos em função das acelerações sem levar em conta o atrito. Os seus alicerces

são as leis de Newton. Referimo-nos à sua forma mais simples, ou seja, as equações de Euler para um escoamento unidimensional e estacionário sem os efeitos da gravitação [4].

As acelerações de um elemento tridimensional do fluido dentro do tubo de escoamento é:

$$\mathbf{m} \cdot \mathbf{r} = \mathbf{F}$$

Para o sistema referencial da figura 4 podemos analisar separadamente:

A aceleração *tangencial*, quer dizer a aceleração na direção do escoamento e a aceleração *normal* quer dizer a aceleração perpendicular do escoamento.

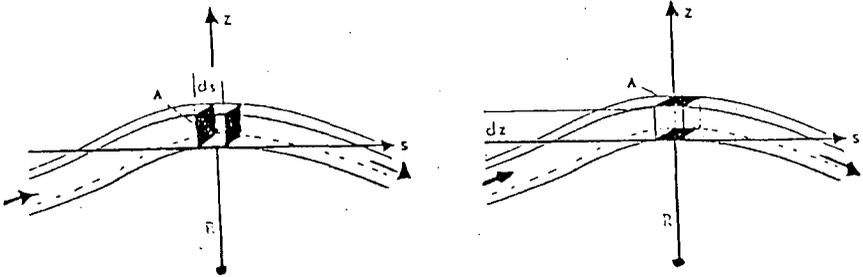


Figura 4 - Aceleração de um elemento retangular do ar, dentro de um tubo curvo de escoamento. À esquerda: Aceleração tangencial; À direita: Aceleração normal. Aceleração tangencial - teremos esta aceleração se a pressão na área A dianteira é menor do que a pressão na área A em frente. O gradiente da pressão é negativa

$$m \cdot a_{\text{tan}} = m \cdot \frac{dv}{dt} = F = -A \frac{dp}{ds}$$

$$m = r \cdot A \cdot \Delta s$$

Inserindo m obtemos:

$$\rho \frac{dv}{dt} = - \frac{dp}{ds}$$

Esta equação pode ser transformada e integrada e dela resulta a lei de Bernoulli:

$$\rho \int dv \cdot \frac{ds}{dt} = - \int dp \quad \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) = p_1 - p_2$$

A lei de Bernoulli representa uma relação simples entre pressão e velocidade do escoamento. Com esta lei pode-se medir a velocidade de um escoamento mediante medições de pressão (tubo de Pitot).

Aceleração normal - teremos esta aceleração se o tubo de escoamento for curvo. Para acelerar um volume em direção ao centro de curvatura a pressão na superfície superior deve ser maior do que a pressão na sua superfície inferior.

Então neste caso a equação $m \cdot \ddot{r} = F$ tem a forma:

$$m \cdot a_{\text{normal}} = -A \frac{dp}{dz} \Delta z$$

Conhecemos a aceleração normal num círculo do raio R :

$$a_{\text{normal}} = -\frac{v^2}{R}$$

Inserindo as expressões para a massa m e para aceleração radial na expressão da lei de Newton obteremos:

$$\frac{dp}{dz} = -\frac{v^2}{R}$$

Se o tubo de escoamento for curvo, temos gradientes de pressão perpendicular à direção do escoamento. Estes gradientes são proporcionais ao quadrado da velocidade e inversamente proporcionais ao raio da curvatura. Esta equação é a chave para entender o mecanismo que gera a distribuição das pressões em torno de uma asa. A forma geométrica da asa, força o ar a se escoar em torno dela seguindo sua forma. Em frente da asa o ar se divide. Uma parte escoar para cima acompanhando a superfície superior da asa e a outra parte escoar por baixo, acompanhando a superfície inferior da asa.

O fato de, dentro de certos limites, um escoamento acompanhar as superfícies curvas mansamente e denominado "*efeito de Coanda*".

Na superfície superior da asa os tubos de escoamento tem uma curvatura de tal forma que a aceleração normal tem uma direção primordial para baixo. Neste caso o ar tem uma tendência, devida à inércia, de correr tangencialmente e se afastar da superfície, gerando assim uma diminuição de pressão suficiente para fazer surgir um gradiente exatamente para forçar o ar a acompanhar a superfície. Se escolhermos como sistema referencial o ar podemos dizer o o gradiente normal de pressão se originadas forças centrífugas para compensá-las. Num escoamento em volta da asa se formam áreas de pressão maiores e menores de acordo com as curvaturas preponderantes. A forma geométrica da asa e a posição da asa em relação ao seu próprio movimento determinam a geometria do escoamento perto dela. As curvaturas determinam os gradientes normais e deles resultam as distribuições das pressões. Na superfície acima da asa o ar é acelerado primordialmente para baixo. Por isso se gera um gradiente normal aos tubos de escoamento de forma a resultar numa pressão baixa na superfície.

Uma consequência desta pressão baixa é a aceleração tangencial do ar. O ar se deslocando de frente para trás sobre a asa é acelerado e atinge uma velocidade maior nas regiões com baixa pressão. Esta

velocidade maior é uma consequência da pressão baixa. Enfatizamos que esta velocidade não é a *causa* da pressão baixa, mas seu *efeito*.

Na explicação convencional esta ordem de *causa e efeito* infelizmente está permutada. Por isso a explicação convencional está errada.

5. Notas Sobre a História das Explicações da Sustentação

Em 1889, Otto Lilienthal deu uma explicação, embora qualificativa da sustentação, mas correta [5]. Niermann (1989) [6] mostrou que ao invés de se elaborar mais esta explicação, ela foi substituída nos livros textos dos Estados Unidos e da Alemanha na década de vinte deste século pela explicação convencional, infelizmente errada. Até a lei de Bernoulli, que antes quase nunca era tratada nos livros textos da física, passou a ser introduzida com o fim de servir como base da explicação. Não se sabe com certeza como ocorreu esta substituição e quais foram os motivos. Só se pode fazer tentativas para entender como pode ser feito um erro assim.

Para o teórico o cálculo da distribuição da pressão numa superfície de uma asa é importante. Para isso é necessário conhecer quantitativamente o escoamento em torno do perfil da asa. Uma boa aproximação é calcular o escoamento potencial em torno de um cilindro e superpor uma circulação. Pelo método das transformações conformes um cilindro pode ser transformado num perfil de uma asa. Nesta transformação o escoamento é transformado, mantendo-se as equações de Euler em vigor [8]. Com a condição de que o escoamento no canto traseiro da asa deve acompanhar a superfície dela determina-se o valor da circulação. Se for o escoamento calculado, pode-se determinar a distribuição de pressão de duas maneiras:

- i) integrar os gradientes de pressão em linhas ortogonais em relação de escoamento, começando por pontos arbitrários da superfície da asa.
- ii) Calcular diretamente as pressões usando as velocidades do escoamento já determinadas pela lei de Bernoulli.

A segunda maneira é mais fácil. Assim, utilizaram-na Lanchester, Prandtl e von Karman no início deste século. Então se pode entender a tendência de usar esta distribuição de velocidades também como causa das pressões o que é obviamente errado.

Como já foi dito não é possível explicar por este método como a asa causa as diferenças de velocidade no ar.

Esta fraqueza desta explicação foi observada desde o início, e em decorrência disto, buscava-se uma causa para explicar como o ar escoava com maior velocidade acima da asa.

A causa mais frequentemente usada era o raciocínio baseado numa comparação entre os caminhos do ar acima e abaixo da asa e a hipótese de que partículas do ar que estavam juntas e foram separadas pela asa deverão se juntar novamente atrás dela.

A origem deste raciocínio errado pode está nos desenhos desta época como mostra a figura 5 [7].

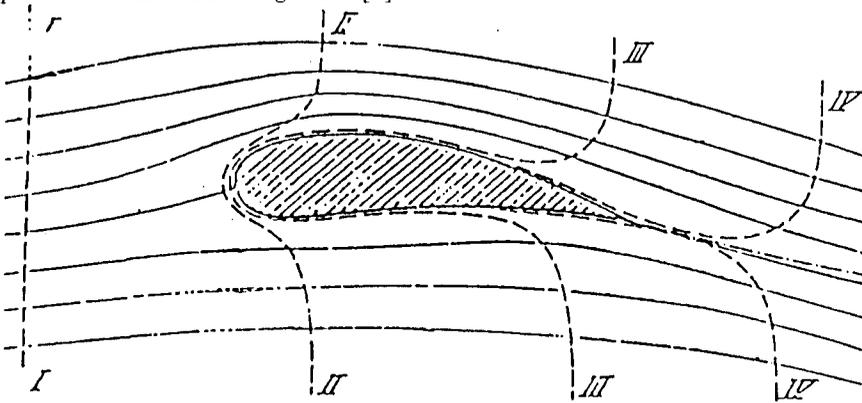


Figura 5 - Posições das partículas do ar vizinhas nos tempos de I até IV.

As linhas pontilhadas mostram partículas do ar vizinhas. Este desenho de Prandtl deveria mostrar o efeito do atrito. As partículas do ar bem perto da asa foram retardadas. Este desenho sugere que, não obstante o efeito do atrito, partículas do ar que estavam juntas antes da asa passar se juntam depois, atrás da asa. Isso é errado como mostra a figura 2. Desenhos daquele tipo talvez tenham suscitado a hipótese errada.

6. Escoamento e Sistema de Circulações

A respeito do escoamento total temos que acrescentar o seguinte quadro. Se existirem regiões na asa com maior pressão acima que abaixo dela, o ar realiza um movimento lateralmente para fora. Já o ar fora da asa acelera-se um pouquinho para cima. Surge assim um sistema de circulações como mostra a figura 6.

No total, os movimentos para baixo são bastante preponderantes, e este sistema de circulação é bem estável e se move para baixo bastante tempo depois que o avião passou. Às vezes os pássaros se utilizam deste movimento do ar para cima e que acontece na extremidade da asa, voando ao lado e mas um pouco atrás da asa do companheiro. Quando as andorinhas fazem longos percursos elas voam assim.



Figura 6 - Sistema das Circulações.

Conclusão

Na explicação convencional da sustentação do voo, *causa e efeito* são permutadas. A maior velocidade do ar acima da asa não é a causa mas sim a consequência da pressão menor nesta região.

A grosso modo o efeito preponderante da asa é a aceleração do ar para baixo. Para entender os detalhes deve-se observar as acelerações normais que causam gradientes de pressão ortogonal aos tubos de escoamento cujas formas são determinadas pela forma e posição da asa. Infelizmente a maioria dos livros textos de física só menciona as acelerações tangenciais. Já é hora de substituir a explicação convencional por uma explicação correta.

Referências

1. Smith, N.F.: "Bernoulli and Newton and Fluidmechanics": The Physics Teacher, 10, p. 451-455, 1972.
2. Weltner, K: "A Comparison of Explanations of the Aerodynamic Lifting Force" American Journal of Physics Vol 55, No.1 p. 50-54, 1987.
Weltner, K and Ingelman - Sundberg: "Physik des Fliegens": Physik in der Schule, 1997.
3. Nussenzevig, M: "Curso de Física Básica", Vol. 2 São Paulo, 1992, pag. 55.
4. Schlichting, H., Tuckenbrodt, E.: "Aerodynamik des Flugzeuges", Berlin, 1967.
5. Lilienthal, O.: "Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. Ein Beitrag zur Systematik der Flugtechnik" Berlin, 1889,
6. Niermann, K.: "Darstellung der Aerodynamik in Schulphysikbüchern", Alsbach-Bergstrasse, 1989.
7. Prandtl, L.: "Applications of modern Hydrodynamics to Aeronautics", NACA Report, No, 116, 1921, pp. 161-182.
8. Joos, G.: "Lehrbuch der theoretischen Physik" 15. Auflage, Wiesbaden, 1989.

O CALDEIRÃO COMO CALORÍMETRO EM CLASSE

Klaus Weltner e Paulo Miranda
Instituto de Física da UFBA

Rua Caetano Moura 123 - Campus Ondina - CEP 40210 340

1 Introdução

Recentemente J. H. Vuolo e C. H. Furukawa mostraram como se pode usar uma ampola de uma garrafa térmica de aço inoxidável para construir um calorímetro[1]. Este experimento deu resultados com boa precisão mas é destinado ao laboratório da disciplina Física Experimental II e requer certos recursos experimentais.

O objetivo deste nosso trabalho é mostrar para um professor de 2º Grau, cuja escola não lhe proporciona condições para fazer experimentos sofisticados como medir os calores específicos da água e do alumínio e também os calores de vaporização e de fusão em classe.

Os utensílios necessários são os do dia a dia: um caldeirão comum utilizado como calorímetro, um ebulidor elétrico e se for acessível um termómetro.

Ao invés de evitar as perdas do calor usando um calorímetro sofisticado nos enfatizamos a medida das perdas, levando-as em conta nos cálculos. Os resultados são estimulantes e os erros finais são da mesma ordem de grandeza que os erros cometidos na determinação da potência do ebulidor e da temperatura.

Para professores cujas escolas não possuem sequer um termómetro, mostramos como fazer as mesmas medições usando somente caldeirão, ebulidor e relógio. Neste método, os erros aumentam um pouco mas não significativamente.

Um valor adicional desta abordagem é mostrar aos alunos o raciocínio de um físico, que deve analisar as condições em que se realiza o experimento identificando as fontes de erros sistematicos, medindo-os e levando-os em conta na determinação dos resultados finais das grandezas.

2. O Caldeirão Como Calorímetro - Medição das Perdas de Energia.

A tarefa de um calorímetro é evitar ou pelo menos diminuir significativamente as perdas da energia. Se for usado um caldeirão comum como calorímetro tem-se pouco isolamento térmico. Como já foi mencionado, ao invés de minimiza-las, nos propomos medi-las e leva-las em conta na determinação dos parâmetros pretendidos. A medição das perdas não é difícil é o raciocínio é bem acessível até mesmo para alunos de 2º Grau.

Um caldeirão contendo uma determinada massa de água aquecida perde energia pela radiação térmica e pela convecção. Se o ebulidor for desligado o caldeirão não tem fonte de energia, exeto a sua propria energia térmica. Então, em consequência destas perdas, o caldeirão, quer dizer, a água dentro dele, se esfria. Medindo este esfriamento nos podemos determinar o valor das perdas.

Basta aquecer um caldeirão tãmpado com, por exemplo, 4 litros de água até o ponto de ebulição, desliga-se então o ebulidor e deixa se o caldeirão esfriar medindo sua temperatura em intervalos de tempo definidos. A figura 1 mostra o gráfico da temperatura versus o tempo.

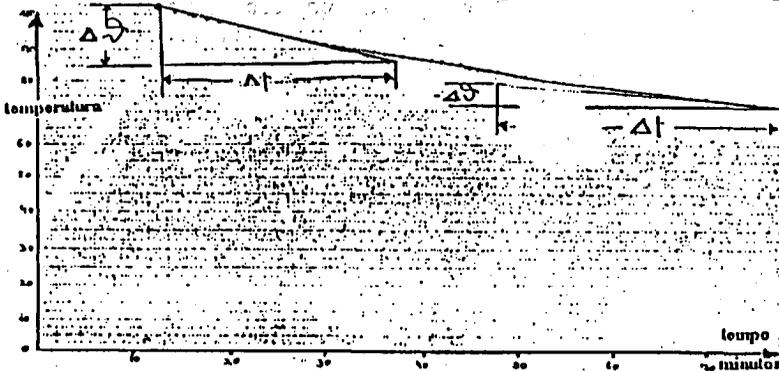


Figura 1 - Esfriamento. Temperatura do caldeirão em função de tempo (m = 4 kg) Dados obtidos experimentalmente

Para um determinado intervalo do tempo Δt podemos medir o decaimento da temperatura $\Delta \theta$. Neste caso a energia perdida é

$$\Delta Q = C_{\text{água}} \cdot m \cdot \Delta \theta,$$

sendo o calor específico da água igual a $C_{\text{água}} = 4190 \frac{\text{wattseg}}{\text{kg} \cdot \text{grau}}$ e

$m = 4 \text{ kg}$ a massa da água

A energia perdida por segundo ou a potência das perdas é:

$$P = \frac{m \cdot C_{\text{água}} \cdot \Delta \theta}{\Delta t}$$

Refiramo-nos a figura 1. Em torno do 95°C a temperatura cai num intervalo de 10 minutos de 98.5°C para 92.5°C

E em torno de 75°C a temperatura cai num intervalo de 10 minutos de 75.5°C para 72.0°C . As potências das perdas são respectivamente:

$$P_{\text{perdas } 95^{\circ}\text{C}} = 167 \text{ watt} \quad P_{\text{perdas } 75^{\circ}\text{C}} = 97 \text{ watt}$$

A potência das perdas depende da temperatura e é aproximadamente proporcional a diferença entre a temperatura do caldeirão e a do ambiente.

Com o conhecimento desta perdas as medições podem ser corrigidas como se segue para obter resultados com uma precisão satisfatória.

A energia efetivamente fornecida ao nosso sistema físico (água,caldeirao) e a |energia fornecida pelo ebulidor *menos* a energia perdida.

Para obter a potência efetiva temos que *subtrair* a potência das perdas da potência do ebulidor.

Resta um problema. No caso da medição do calor específico da agua a temperatura não e constante. Em decorrência disto, temos que subtrair a potência media das perdas. Se começarmos a medição com uma temperatura inicial da agua próxima a do ambiente e se medirmos as perdas na temperatura máxima da medição, podemos tomar a metade dela como potência media das perdas. Aconselhamos fazer isso em classe, porque assim a medição pode ser concluída durante uma hora de aula. Se houver tempo bastante, pode se medir a potência das perdas para o valor médio da variação da temperatura .

3. Medições

3.1 Medição do Calor Específico da Água

Material usado: um caldeirão de 5 litros , um ebulidor elétrico ,um termômetro.

A tampa do caldeirão deve ter um corte em sua borda para adaptar o ebulidor é um orifício perto do centro para deixar o termómetro entrar. Para proteger a mesa aconselhamos usar um papelão espesso sob o caldeirão. A potência do ebulidor consta na placa ou pode ser determinado com maior precisão medindo a tensão e a corrente.

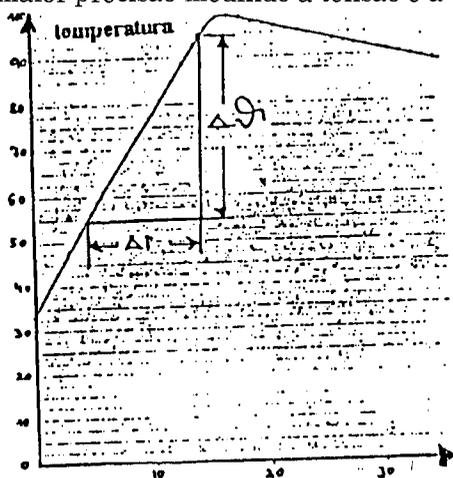


Figura 2 Aquecimento. Temperatura da água versus tempo. massa da água 4 kg

Procedimento: Uma determinada massa de água dentro do caldeirão é aquecida pelo ebulidor A temperatura é medida em intervalos de 1 minuto. No início tem diferenças de temperaturas entre as camadas de água. Mas com as temperaturas elevadas, estas diferenças diminuirão absoluta e relativamente porque a convecção aumenta com a temperatura e a viscosidade diminui. Bolinhas de vapor se formam perto do ebulidor, sobem e condensam nas camadas superiores. Quando a água ferver o ebulidor deve ser desligado, devendo continuar a medição das temperaturas por, pelo menos, doze minutos. Com esses dados construímos um gráfico de temperatura versus tempo. Fig. 2

Quando o ebulidor for ligado a energia fornecida por ele equivale a energia consumida pela água, ou seja

$$mC_{\text{água}} \Delta\theta = P\Delta t,$$

então:

$$C_{\text{água}} = \frac{P \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta\theta}$$

Vamos agora determinar $C_{\text{água}}$ com os nossos dados experimentais (veja a figura 1) sem levar em conta as perdas.

$$\begin{aligned} P &= 1340 \text{ watt} & m &= 4 \text{ kg} \\ \Delta\theta &= 96^{\circ}\text{C} - 33^{\circ}\text{C} = 63 \text{ grau} \\ \Delta t &= 15 \text{ min} = 900 \text{ seg} \end{aligned}$$

$$\text{Resultado: } C_{\text{água}} = 4786 \frac{\text{wattseg}}{\text{kg} \cdot \text{grau}}$$

Este resultado não é bem coerente com o de tabela, fornecida anteriormente e a discrepância é de 14%.

$$C_{\text{água}} \text{ pela tabela} = 4190 \frac{\text{wattseg}}{\text{kg} \cdot \text{graus}}$$

Devemos então corrigi-lo, levando em conta as perdas de energia. Como foi explicado antes a potência efectiva é a potência do ebulidor menos a potência média das perdas. No nosso caso.

$$\text{Efectiva} = P_{\text{ebulidor}} - \frac{1}{2} P_{\text{perdas máximas}}$$

$$P_{\text{efectiva}} = \left(1340 - \frac{167}{2} \right) \text{ watt} = 1257 \text{ watt}$$

Com esta correcção o valor de $C_{\text{água}}$ se aproxima bastante do seu valor da tabela e a discrepância é agora de 7%..

$$C_{\text{água}} = 4487 \frac{\text{wattseg}}{\text{kg} \cdot \text{graus}}$$

No entanto temos mais uma correcção a fazer no próximo paragrafo..

3.2 Aquecimento do caldeirão - Capacidade térmica do caldeirão

A massa total aquecida não é só a da água mas também a do caldeirão. A massa do caldeirão desempenha o mesmo papel que uma certa massa equivalente de água. Podemos medir esta massa equivalente de uma maneira simples. Separadamente do caldeirão, aquecemos uma determinada massa m de água (1 ou 2 litros) até cerca de 90°C . Pôr alguns minutos medimos a sua temperatura que cai lentamente. Depois colocamos a água dentro do caldeirão e o tampamos. Medindo a temperatura desta água constatamos uma brusca queda de temperatura e depois um esfriamento lento. Figura 3.

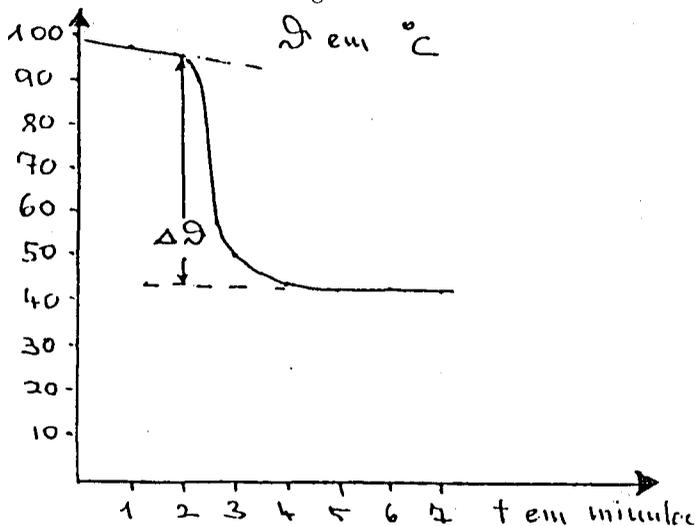


Figura 3 Temperatura da água antes e depois de sua colocação no caldeirão.

A diferença entre as duas linhas antes e depois que a água foi colocada no caldeirão é decorrente do aquecimento do mesmo. O caldeirão possuía a temperatura ambiente ϑ_1 e foi aquecido á temperatura ϑ_2 . Por isso a água esfriou da temperatura ϑ_0 para a temperatura ϑ_2 .

Sendo a capacidade térmica do caldeirão expressa em equivalente de água m' , temos: Calor consumido pelo caldeirão = Calor fornecido pela água.

$$m' C_{\text{água}}(\vartheta_2 - \vartheta_1) = m C_{\text{água}}(\vartheta_0 - \vartheta_2)$$

$$m' = m \frac{(\vartheta_0 - \vartheta_2)}{(\vartheta_2 - \vartheta_1)}$$

Com os nossos dados, obtemos $m'=218\text{g}$. Repetimos esta medida várias vezes com 1 - 2 litros de água quente. Os resultados obtidos não dependem da massa de água, e tem um erro de medida de $\pm 20\%$. Sendo o equivalente de água do caldeirão uma correcção do cálculo, este erro é aceitável.

Com esta correção, adicionando o equivalente de água de caldeirão a massa de água aquecido, obtemos finalmente o calor específico da água bem perto do valor da tabela:

$$C_{\text{agua}} = 4288 \frac{\text{wattseg}}{\text{kg} \cdot \text{grau}}$$

3.3 Medição do calor de vaporização.

Com o caldeirão pode-se também medir com facilidade o calor de vaporização. Basta deixar a água ferver um certo tempo pesando-a antes e depois.

Começamos com 4000 g de água. Depois de 30 min de ebulição tínhamos somente 3005 g, tendo 995 g se evaporado.

Igualando o calor fornecido ao calor consumido pela vaporização temos:

$$P \cdot \Delta t = \Delta m \cdot C_{\text{vaporização}}$$

Como dito antes, temos que levar em conta as perdas. A potência das perdas já é conhecida. Numa temperatura de $\vartheta = 95^\circ\text{C}$, as perdas equivalem a uma potência de 168 watt. Neste caso a temperatura do caldeirão é constante e então a potência efectiva é

$$P_{\text{efetiva}} = (1350 - 168) \text{ watt} = 1182 \text{ watt}.$$

O resultado da nossa medição é:

$$C_{\text{vaporização}} = 2138 \frac{\text{wattseg}}{\text{g}}$$

O valor da tabela é:

$$C_{\text{vaporização}} = 2256 \frac{\text{wattseg}}{\text{g}}$$

Esta precisão é bastante satisfatória para uma medição em classe.

3.4 Medição do calor de fusão

Para medir o calor de fusão basta colocar uma quantidade de gelo m_{gelo} num caldeirão contendo uma massa m_{agua} de água quente de temperatura ϑ_1 , e deixar o gelo degelar e medir a temperatura ϑ_2 , depois. Neste caso a água quente perde calor para fundir o gelo e aquecer a água degelada.

$$m_{\text{gelo}} (L_{\text{gelo}} + \vartheta_2 C_{\text{agua}}) = C_{\text{agua}} m_{\text{agua}} (\vartheta_1 - \vartheta_2)$$

Podemos agora determinar explicitamente o calor de fusão do gelo L_{gelo}

$$L_{\text{gelo}} = C_{\text{agua}} \left(\frac{m_{\text{agua}}}{m_{\text{gelo}}} (\vartheta_1 - \vartheta_2) - \vartheta_2 \right)$$

Dados:

$$m_{\text{gelo}} = 0,95\text{kg} \quad m_{\text{água}} = 2,28\text{kg} \quad \vartheta_1 = 95^\circ\text{C} \quad \vartheta_2 = 42,5^\circ\text{C}$$

Resultado:

$$L_{\text{gelo}} = 335 \frac{\text{watt} \cdot \text{seg}}{\text{kg}}$$

O valor da tabela é

$$L_{\text{gelo}} = 333 \frac{\text{watt} \cdot \text{seg}}{\text{kg}}$$

3.5 Medição do calor específico do alumínio.

Para medir o calor específico do alumínio nós colocamos uma certa quantidade de barras de alumínio a temperatura ambiente dentro do caldeirão com água quente. A figura 4 mostra a temperatura da água. As curvas "antes" e "depois" têm uma diferença de $4,5^\circ\text{C}$ para uma massa de alumínio $m_{\text{alumínio}} = 1,4 \text{ kg}$ e uma massa de água (água e equivalente de água) $m_{\text{água}} = 4,2 \text{ kg}$.

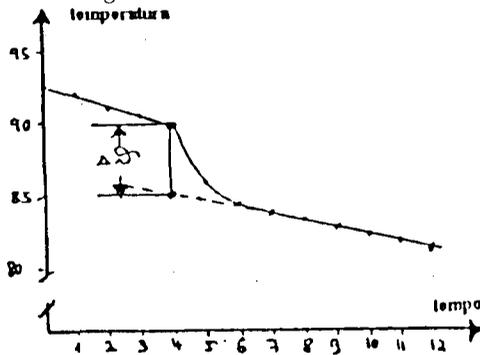


Figura 4. Temperatura versus tempo.

Então temos : Perda da energia da água = Energia consumida pelo alumínio;

$$m_{\text{água}} \cdot C_{\text{água}} \cdot \Delta\vartheta_{\text{água}} = m_{\text{alumínio}} \cdot C_{\text{alumínio}} \cdot \Delta\vartheta_{\text{alumínio}}$$

Dados:

$$\Delta\vartheta_{\text{água}} = 4,5 \text{ grau}$$

$$\Delta\vartheta_{\text{alumínio}} = 55 \text{ grau}$$

Resultado:

$$C_{\text{alumínio}} = 1030 \frac{\text{watt} \cdot \text{seg}}{\text{kg} \cdot \text{grau}}$$

O valor da tabela é: $C_{\text{alumínio}} = 960 \frac{\text{watt} \cdot \text{seg}}{\text{kg} \cdot \text{grau}}$

A discordância de 7% não é grande, mas além disso pode ser feita uma correção.

Para jogar o alumínio dentro do caldeirão tem que tirar a sua tampa. Sem a tampa o sistema perde a energia mais rapidamente. Tiramos a tampa por 10 vezes a duração de cada retirada foi a mesma necessária para colocar o alumínio no caldeirão Neste caso a temperatura caiu em 3.5 graus. Portanto temos que considerar que 0.35 graus da diferença da temperatura da água é atribuída a abertura do caldeirão.

Com esta correcção obtemos :
$$C_{\text{aluminio}} = 950 \frac{\text{watt} \cdot \text{seg}}{\text{kg} \cdot \text{grau}}$$

Pode-se medir o calor específico de outras substâncias pelo mesmo procedimento.

4. Medições Sem Termómetros.

Se o professor não dispuser de um termómetro, todas as medidas acima descritas podem ser agora realizadas como segue.

4.1 Medição do Calor de Ebulição

Neste caso observamos que não precisamos de um termómetro para observar quando a água ferve. Então podemos deixa-la ferver um certo tempo e pesar o caldeirão com água antes e depois. para medir a massa da agua evaporizada. Com estes dados a determinação de L segue o procedimento anterior.

4.2 Medição do Calor Especifico da Água

Neste caso podemos usar a temperatura do ambiente que é conhecido com um erro de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ e a temperatura da ebulição, 100°C , para saber por quantos graus a água foi aquecida.

Aquecemos a água desde a temperatura ambiente até a ebulição e medimos o tempo. Com este método obtemos valores discrepantes dos de tabela em 5-10 % .

4.3 Potência Efectiva, Potência das Perdas

Para medir a potência das perdas aquece-se a agua até a ebulição. Depois deixa se a agua esfriar por um determinado tempo t_1 (15-20 minutos). Em seguida liga-se o aquecedor de novo e mede-se o tempo t_2 para a água ferver de novo. Neste caso a energia fornecida compensa as perdas durante

todo tempo ($t_1 + t_2$). A potência das perdas:

$$P_{\text{perdas}} = P \cdot \frac{t_2}{t_1 + t_2}$$

Exemplo:

$$t_1 = 15 \text{ min} = 900\text{seg} \quad t_2 = 105 \text{ segundos} \quad P_{\text{perdas}} = 140 \text{ watt}$$

4.4 Medição do Calor de Fusão

Deixa-se uma quantidade (3 litros) de água ferver. Depois uma quantidade de gelo (1.0 kg) e colocada dentro da água. A ebulição acaba de repente. Com o aquecedor ligada se pode medir o tempo para a água ferver de novo. Neste caso a energia fornecida serve para degelar o gelo e aquecer a nova água até 100°C.

A determinação da potência efectiva é um pouco mais complicada, porque durante o experimento a temperatura não é constante. Mas uma vez que a temperatura está sempre próximo de 100°C pode-se usar a potência das perdas para este valor sabendo que a potência média das perdas é menos.

Com os dados experimentais obtemos: $L_{\text{gelo}} = 418$

O valor da tabela: $L_{\text{gelo}} = 334$

Até neste caso obtemos resultados razoáveis, pois a discrepância foi de 25 % .

5. Conclusão e Anotações.

Usar um caldeirão como calorímetro dá resultados razoáveis se as perdas forem controladas e levados em conta. Os exemplos mostram sobretudo como é possível usar utensílios do dia a dia para medir grandezas físicas se o pensamento é criativo e crítico. Embora tenhamos usado utensílios simples algumas precauções devem ser mantidas. A tensão da rede eléctrica não é muito estável- pelo menos aqui em Salvador. O erro decorrido das alterações da tensão podem ser os maiores. Se for possível controlar a tensão e a corrente, isso deve ser feito.

Convecção do ar: As perdas pelo aquecimento do ar dependem da convecção do ar. Elas são proporcionais á diferença entre a temperatura do caldeirão e do ar, se a convecção for constante. Então deve-se manter a convecção constante e não deixá-la aumentar com a temperatura do caldeirão. Para isso aconselhamos colocar o caldeirão abaixo de um ventilador de teto. Assim aumentam a convecção do ar e as perdas mas em compensação a convecção é estável.

Agradecemos ao ajuda do GtZ (Gesellschaft fuer technische Zusammenarbeit - Alemanha)

Referência

Vuolo J.H. e Furukawa, C.H. " Calorímetro didático." Revista Brasileira de Ensino de Física 1995 Vol 17 (2) p 140 - 152

SIMULAÇÃO DE MOVIMENTOS NUM CAMPO CENTRAL BACIA DE KEPLER

Paulo Miranda e Klaus Weltner

Instituto de Física da UFBA- Rua Caetano Moura 123 Campus Universitário de Ondina
C.E.P. 40210-340 Salvador Bahia e Universitat Frankfurt (Alemanha)

1. Demonstração Qualitativa dos Fenômenos

No ensino de Física é desejável dispor de um dispositivo que simule um campo central de forças, a exemplo do sistema solar ou de uma carga elétrica para demonstrar em classe fenômenos fundamentais como: lançamentos verticais ou oblíquos, orbitas circulares, elípticas etc. As dificuldades experimentais para demonstrar o movimento de um corpo em um campo de forças assim são muitas, e até hoje dispositivos adequados são ausentes nas escolas e universidades. Por causa disso construímos uma bacia em fiberglass, dotada de simetria rotacional e na qual é possível realizar algumas demonstrações qualitativas com o auxílio de um dinamômetro, de um cronômetro e esferas. Os melhores resultados são obtidos usando bolas de bilhar. Denominaremos este modelo, daqui em diante, de Bacia de Kepler em homenagem ao famoso astrônomo.

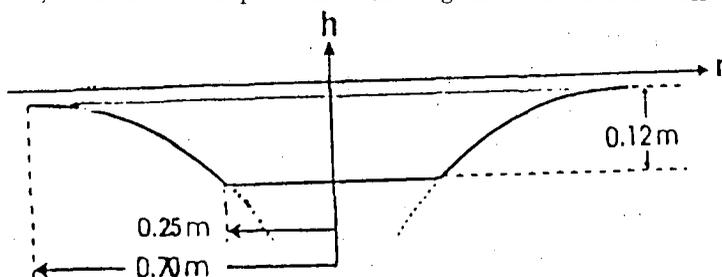


Figura 01 - O corte mostra a forma e as dimensões da Bacia.

1.1 Força central

Se deixarmos rolar esferas, abandonadas sem velocidade inicial em pontos arbitrários da superfície da Bacia todas serão aceleradas para o centro geométrico do modelo.

Pela forma da bacia é óbvio que existe uma força central. Sua superfície é inclinada e a inclinação aumenta de modo bem visível de fora para dentro. Além disso é aconselhável mostrar o aumento da força central atuante numa esfera, com a ajuda de um dinamômetro à medida em que se aproxima ou se afasta a esfera do eixo da Bacia.

Se uma medição for feita e uma outra for feita dobrando-se a distância do centro, verifica-se que a força central cai a um quarto.

Consequentemente a força central tem a forma $F = \frac{c}{r^2}$. Estas medidas

foram realizadas colando-se um fio nas extremidades opostas de um diâmetro da esfera, de tal modo que ela podia rolar sobre este eixo para baixo ou para cima na Bacia como mostra a Fig. 02.

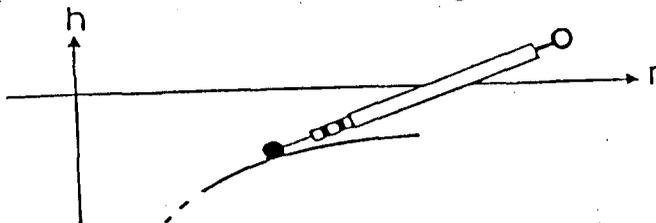


Figura. 02 Medição da força central

1.2 Queda livre

O fenômeno da queda livre pode ser simulado de vários modos: se uma esfera em repouso sobre a Bacia é liberada, ela executa um movimento acelerado para o centro. Isto é uma simulação da queda livre.

As condições iniciais podem ser modificadas e a esfera pode ter velocidade inicial e direção inicial bem definidas. Para isto usamos uma rampa de cotas calibradas em centímetros (Fig. 03). Escolhendo uma certa altura da rampa e uma certa direção para abandonar a esfera, estaremos definindo a sua velocidade inicial de movimento.

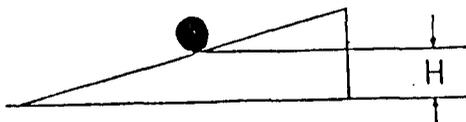


Figura 03 - Rampa de lançamento

A uma distância de 0,4 m do centro fazemos a esfera rolar radialmente para fora sobre a Bacia. Ela é acelerada para o centro e retorna. Isto simula o lançamento vertical de um objeto. Repetindo o lançamento anterior numa direção que forme um ângulo com o raio da Bacia, simulamos lançamentos balísticos.

Se formos efetuando lançamentos sucessivos nos quais o ângulo entre a direção de lançamento e o raio da bacia for paulatinamente se aproximando de 90° e se a velocidade de lançamento for adequada, a esfera descreve órbitas que vão passando de elípticas para circulares. Estamos assim simulando, por exemplo, órbitas de satélites em torno da Terra.

1.3 Elipses de Kepler

Se lançarmos a esfera tangencialmente a uma circunferência traçada sobre a Bacia e de raio

$r = 0,4$ m, a partir de um ponto da rampa de lançamento de altura $H = 0,065$ m a esfera descreve uma elipse com perigeu de $0,40$ m e apogeu de $0,65$ m. O tempo de uma volta é em torno de 4 segundos permitindo uma observação bem cômoda. Observa-se visualmente que a velocidade da esfera no perigeu é maior que no apogeu. Pode-se assim observar qualitativamente a segunda Lei de Kepler. (Fig. 04).

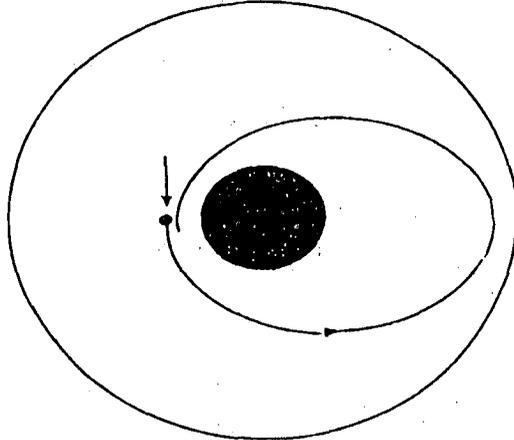


Figura 04- Trajetória de uma esfera - Elipse de Kepler

Embora o coeficiente de atrito de rolamento da esfera na Bacia seja pequeno (aproximadamente $0,0020$) ela perde energia e as elipses se deformam gradualmente. O perigeu e o apogeu se aproximam do centro da bacia a cada circuito realizado. A esfera está perdendo altura, mas rola sempre em elipses com focos na mesma reta (eixo maior da elipse).

É possível observar $5-7$ elipses sucessivas com lançamento do mesmo ponto $r = 0,40$ m, mas com velocidade inicial menor pode-se obter círculos e até mesmo elipse com apogeu no lado oposto do ponto inicial.

2. Cálculos e Medições

Além de mostrar os fenômenos qualitativamente, o modelo da Bacia de Kepler permite o estudo teórico de alguns fenômenos e comparar os resultados teóricos com os dados obtidos experimentalmente.

2.1 A Forma da Bacia de Kepler

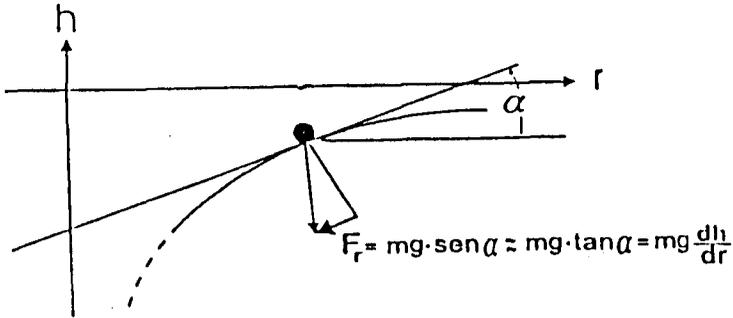


Figura. 05 Corte e força central

A fig. 05 mostra um corte radial da bacia, sendo r o raio e h a altura. A força resultante F_r devida ao peso P da esfera e à reação normal N da Bacia é $F_r = -mg \operatorname{sen} \alpha$.

Para ângulos α pequenos, tem-se

$$\operatorname{sen} \alpha \cong \operatorname{tg} \alpha \cong \frac{dh}{dr}$$

então:

$$F_r = -mg \operatorname{sen} \alpha \cong -mg \frac{dh}{dr} \quad (1)$$

Para se ter uma força central esta tem que obedecer à equação

$$F_c = -m \frac{C}{r^2}$$

sendo C uma constante.

Na nossa simulação F_c e F_r têm que ser iguais, logo:

$$\frac{dh}{dr} = \frac{C}{r^2}$$

Integrando esta expressão, obtém-se a equação de uma curva que por rotação gerara a superfície da Bacia:

$$h(r) = \frac{C}{g} \left(-\frac{1}{r} \right) \quad (2)$$

A força central na superfície da Bacia é

$$F_c = -m \cdot g \frac{dh}{dr} = -m \cdot g \cdot \frac{C \cdot 1}{g \cdot r^2} = -m \cdot \frac{C}{r^2} \quad (3)$$

A aceleração central, e portanto: $a_{central} = -\frac{C}{r^2}$ (4)

Para se obter movimentos facilmente observáveis mesmo qualitativamente, - uma volta em torno de 4 segundos - escolheu-se a constante C como sendo igual a $0,4 \text{ m}^3/\text{s}^2$. Finalmente a equação da superfície é $h = -\frac{0,04}{r}$ e a força central neste caso é $F_c(r) = -m\frac{0,4}{r^2}$.

Podemos, com esta expressão, calcular a intensidade da força central que age sobre uma esfera. A que usamos tem massa $m = 0,127 \text{ Kg}$.

Assim as forças centrais para raios de $0,3 \text{ m}$ e de $0,6 \text{ m}$ são:

$$F_{teórico}(0,3) = 0,56 \text{ N}$$

$$F_{teórico}(0,6) = 0,14 \text{ N}$$

Os valores experimentais apresentaram erros menores que 10 %:

$$F_{exp.}(0,3) = 0,54 \text{ N}$$

$$F_{exp.}(0,6) = 0,13 \text{ N}$$

2.2. Movimentos em Círculos

Vamos examinar este movimento na Bacia de Kepler mediante duas aproximações:

2.2.1. Primeira aproximação

Para mover-se em círculos, a força resultante que age sobre um corpo de massa m imerso em um campo de força central, é a centrípeta.

$$F_1 = -m\frac{0,4}{r^2} = -m\omega^2 r$$

Sendo ω a velocidade angular do movimento circular, isto é:

$$\omega^2 = \frac{0,4}{r^3} \quad \text{ou ainda}$$

$$\omega_{cor.} = \sqrt{\frac{0,4}{r^3}} \quad (5)$$

O tempo de uma volta é então:

$$T_{teórica} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{0,4}}$$

Experimentalmente medimos o tempo de uma volta de uma esfera em função do raio..

A figura 07 fornece os resultados dos cálculos e os resultados das medições.

Notam-se diferenças sistemáticas. Existe, de fato, um erro no raciocínio e no cálculo. Nós não consideramos que a esfera rola e tem impulso rotacional I que muda de direção continuamente durante o movimento.

2.2.2. Segunda aproximação

A Figura 06 mostra a esfera em dois instantes consecutivos. A seta representa o impulso rotacional I da esfera que rola e não desliza sobre a Bacia. Observa-se que I muda de direção. Isto só pode ocorrer se um torque for aplicado à esfera. A única possibilidade de se aplicar um torque é admitir a existência de uma certa força, digamos F_2 , agindo sobre a esfera a partir do ponto de contato desta com a superfície da Bacia.

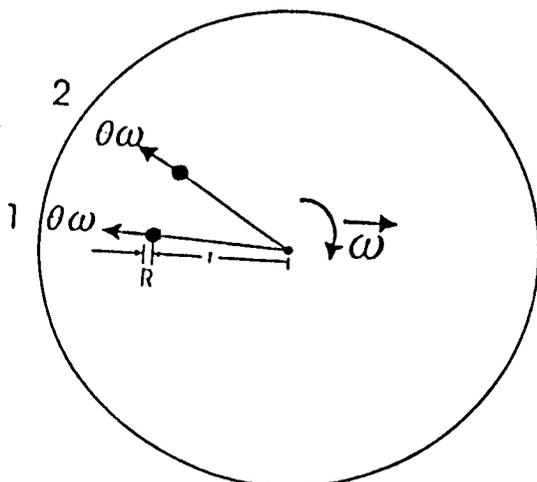


Figura 6-Esfera em dois instantes consecutivos

Uma vez que a mudança de direção do impulso se dá sempre no sentido de mantê-lo paralelo à velocidade angular da esfera. Logo, a força F_2 tem a mesma direção do raio r da Bacia, quer dizer para fora, diminuindo assim a força central. O resultado é uma diminuição da velocidade necessária para manter a esfera num círculo. O cálculo está apresentado em detalhes num outro trabalho [4].

O tempo de uma volta na segunda aproximação é então:

$$T_{Aproximacao2} = T_{Aproximacao1} \cdot \sqrt{\frac{5}{7}}$$

A figura 07 mostra os resultados dos experimentos e os resultados das duas aproximações.

Nota-se a coincidência entre a segunda aproximação e a realidade.

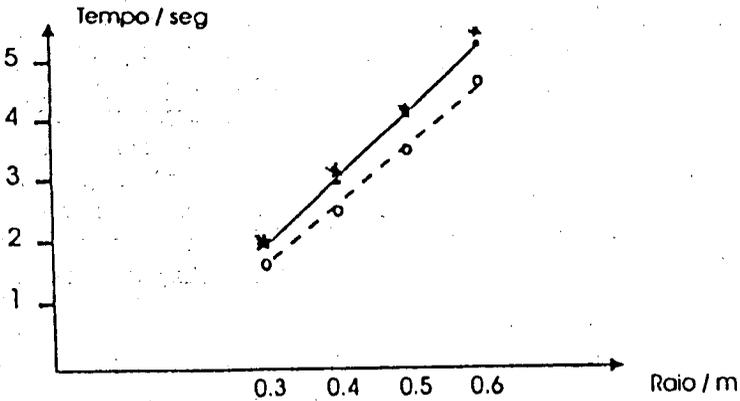


Figura07- Tempo das voltas em função do raio

- * medição
- primeira aproximação
- segunda aproximação

2.3. Velocidade Inicial para obter Círculos

O lançamento das esferas é feito pôr meio de uma rampa. Esta rampa pode ser calibrada indicando a altura do lançamento. É possível determinar experimentalmente as alturas adequadas para obter círculos para todos os raios. Além disso é possível calcular teoricamente estas alturas, como esta demonstrado num outro trabalho.(4). A concordância entre os valores dos experimentos e os do cálculo são bem satisfatórios.

2.4. Cálculo das Perdas pelo Atrito

A esfera, enquanto rola, perde energia e por causa destas perdas os círculos mudam em espirais e a esfera se aproxima continuamente do eixo de simetria da Bacia. O efeito deste fenômeno sobre o número n de voltas da esfera na Bacia já foi calculado num outro trabalho [4].

Se começarmos a contar o número dos círculos n a partir do lançamento da esfera num círculo de r_1 e se ela rola sobre o modelo até um círculo de raio r_2 , obteremos:

$$n = \frac{C}{8 \cdot \pi \cdot \mu} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2} \right)$$

Verificação: O atrito medido independentemente numa superfície parecida com a nossa é $\mu = 0,002$. As constantes C e g já são conhecidas:

$$C = 0,4 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}^2}; \quad g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}$$

Tomando para r os valores limites da nossa superfície, isto é:

raio máximo $r_1 = 0,6$

raio mínimo $r_2 = 0,25$, teremos

$$n = \frac{0,4}{8 \times 3,14 \times 0,002 \times 9,8 \left(\left(\frac{1}{0,25} \right)^2 - \left(\frac{1}{0,6} \right)^2 \right)}$$

$$n = 10$$

A esfera pode executar 10 voltas numa espiral começando com o raio inicial de 0,6 m e chegando a um raio de 0,25 m ao final.

Os resultados obtidos experimentalmente são de 9-12 voltas dependendo do lançamento.

A evolução da esfera na Bacia é muito sensível às condições iniciais (ao lançamento), a nivelamento e limpeza da bacia. No entanto a concordância entre os cálculos e os dados adquiridos experimentalmente é bastante satisfatória.

3 Construção da bacia

Numa primeira etapa, fizemos um molde negativo da bacia. A base do molde foi um disco de madeira laminada de 8mm de espessura e de 1.40 cm de diâmetro. Acima dessa base colocamos firmemente anéis e discos de madeira laminada de espessura de 6mm, centrados em um mesmo eixo. Os diâmetros foram calculados para obter uma curva do corte da forma explicada antes. Sobre esta estrutura de madeira aplicamos demãos de massa corrida. A fim de obter a curva do corte com precisão, usamos uma peça de madeira bem cortada e lixada cuja borda reproduzia a curva calculada. Utilizamos esta mesma peça para lixar o molde e lhe dar forma definitiva. O processo de aplicar demãos da massa, corrida secar e lixar se repetiu muitas vezes, controlando-se cuidadosamente o nível da peça. Encerramos o trabalho quando a simetria rotacional e a precisão da curva do corte não apresentavam defeitos visíveis e palpáveis isso significa que os erros eram abaixo de 0.5mm. Numa segunda etapa contratamos um profissional da área que aplicou várias demãos de fibreglass sobre o molde e construiu uma borda cilíndrica na circunferência externa da bacia além de fortificações radiais para lhe dar maior estabilidade. Finalmente a bacia foi lixada e polida. O seu uso só é possível após o seu rigoroso nivelamento o que pode ser feito com o emprego de um nível convencional e cunhas de madeira para calçá-la.

Referências

- [1]. Symon, Keith R: *Mecanics*, Reading Massachuinsetts, 1960
- [2]. Goldstein, Herbert: *Mecanica Classica* Madrid, 1979
- [3]. Weltner, Klaus: Central drift of freely moving balls on rotating discs-A new method do measure coefficients of rolling friction.

American Journal of Physics vol.55 (101,1987). p. 937-942.

[4]Miranda, Paulo e Weltner, Klaus :

Simulação dos Movimentos dos Planetas - foi aceito para a publicação
na revista Brasileira do ensino de Física.

MEDIÇÃO DE CALOR ESPECÍFICO DO AR EM CLASSE

Klaus Weltner

UFBa, Salvador - Universitat Frankfurt.

Rua Caetano Moura 123 Campus Universitario Ondina CEP:40210-340 Salvador-Bahia

Introdução

Experimentalmente se mede nas aulas o calor específico de líquidos (água) e de sólidos (alumínio, chumbo). O calor específico de um gás normalmente não é medido em classe. Mas, o calor específico dos gases tem um papel fundamental na termodinâmica, na tecnologia e na meteorologia. Por isso, é desejável mostrar experimentalmente a medição do calor específico de pelo menos um gás. Apresentamos a seguir um procedimento experimental simples e barato de medi-lo mediante o uso de um secador de cabelos e alguns conhecimentos elementares da Mecânica.

Teoria e Raciocínio

O secador aquece o ar. Se conhecemos a energia fornecida pelo secador, a massa aquecida do ar e a diferença de temperatura entre o ar aquecido e o ar ambiente, podemos determinar o calor específico do ar, sob pressão constante. O calor fornecido Q , equivale ao calor absorvido pelo ar e é proporcional a diferença de temperatura ΔT , a massa m e ao calor específico do ar C_p .

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$C_p = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

Ao invés de medir o calor fornecido e a massa aquecida, medimos o calor fornecido por segundo e a massa aquecida por segundo para obter a equação fundamental:

$$C_p = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

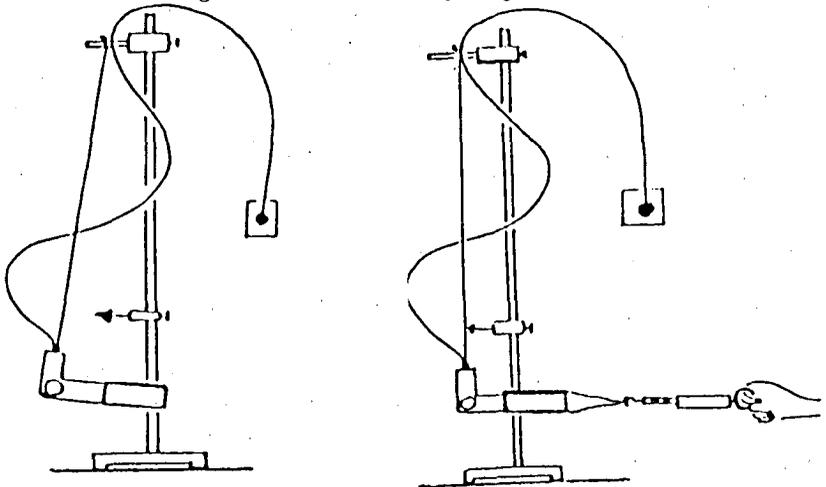
sendo

$$\dot{Q} = \frac{dQ}{dt} = P \quad \dot{m} = \frac{dm}{dt} \quad (2)$$

O calor fornecido por segundo é a potência do secador P que consta do seu manual ou esta impressa no aparelho ou pode ser determinada com mais precisão, medindo-se a tensão e a corrente porque os valores

fornecidos pelos fabricantes não são muito confiáveis. A diferença de temperatura é determinada medindo-se a temperatura do jato do ar aquecido e a temperatura ambiente.

Resta medir a massa de ar aquecido por segundo. Esta massa, que passa pelo secador por segundo, é determinada pelo produto da área do tubo, da densidade do ar e da velocidade do escoamento. Somente a velocidade do ar é difícil de ser medida. Mas felizmente existe um jeito para determiná-la. O ar deixa o secador com uma velocidade (v) constante. O secador exerce uma força sobre o ar para acelerar-lo. A força de reação (F) empurra o secador na direção oposta e pode ser medida com um dinamômetro. A figura mostra o arranjo experimental.



Mediante esta força podemos determinar v . Temos então duas equações:

Massa de ar por segundo é:

$$\dot{m} = A \cdot \rho \cdot v$$

Segunda lei de mecânica de Newton:

$$F = \frac{d}{dt}(m \cdot v) = \dot{m} \cdot v$$

Sendo A = área do jato

ρ = densidade do ar do jato da temperatura T em Kelvin

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0}{T}$$

ρ_0 = densidade do ar com temperatura 0°C ou $T_0 = 273^\circ \text{K}$

$$\rho_0 = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Então podemos eliminar a velocidade v e obter a massa do ar por segundo:

$$\dot{m}^2 = A \cdot \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T} \cdot F$$

$$\dot{m} = \sqrt{A \cdot \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T} \cdot F}$$

Podemos afinal inserir \dot{m} na equação fundamental para obter a fórmula final

$$C_p = \frac{P}{\Delta T \cdot \sqrt{A \cdot \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T} \cdot F}}$$

Afinal medindo-se todas as grandezas envolvidas podemos determinar C_p .

Procedimento

Basta usar um aquecedor de cabelos. A potência dele deve estar entre 800 e 1600 Watts. O arranjo experimental está esquematizado na figura já apresentada.

O jato de ar quente saindo da boca do secador não apresenta temperatura homogeneamente distribuída em sua seção reta. Esta homogeneidade, necessária nas medições, pode ser obtida fixando-se na boca do secador um tubo de cartolina de mesmo diâmetro e com comprimento de 20-30 cm. O tubo pode ser feito na medida usando uma cartolina, uma tesoura e fita crepe. O tubo é fixado ao secador por meio de uma fita crepe também. Na outra extremidade do tubo fixa-se, em pontos diametralmente opostos, um fio ao qual se prende um dinamômetro de 0 - 1 N.

O aquecedor está suspenso num suporte por um fio de tal modo que possa se movimentar livremente. A direção do tubo e do jato deve ser horizontal. Um apontador deve ser ajustado próximo ao fio para indicar o estado inicial do secador suspenso.

Quando o aquecedor for ligado ele sera empurrado na direção oposta à do jato do ar. Com o dinametro se puxa o aquecedor para a posicao inicial e se mede a força F necessaria para isso.

Com um termômetro (0-110 °C) se mede a temperatura ambiente e a temperatura do ar deixando o secador. O termômetro deve ser deixado dentro do tubo bastante tempo para se atingir o equilíbrio térmico. Afinal a área do tubo deve ser determinada. Para isso se mede o diâmetro e se

calcula a área. Com estes dados o valor do calor específico pode ser calculado como já foi explicado.

Exemplo:

Força	$F = 0,22 \text{ N}$
Diâmetro tubo	$d = 0,038 \text{ m}$
Área	$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = 11,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
Temperatura ambiente	$T_1 = 30^\circ \text{ C}$
Temperatura do jato	$T_2 = 90^\circ \text{ C} = 363 \text{ OK}$
Diferença das temperaturas	$\Delta T = 60^\circ \text{ C}$
Potência do secado	$P = 1110 \text{ watt}$

Como resultado final, obtivemos o seguinte valor para o calor específico do ar à pressão constante:

$$C_p = \frac{P}{\Delta T \sqrt{A \rho_0 \frac{T_0}{T_2}} \cdot F} = 1,191 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}^\circ \text{K}}$$

O valor de tabela é $1,065 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}^\circ \text{K}}$. Os erros estão na faixa de 10%.

Assim a precisão é bastante razoável para uma medição em classe.

Resta a acrescentar só uma dica. Se um dinamómetro não for acessível, existe uma saída para medir a força. Mede-se neste caso o deslocamento do fio do apontador, a distancia do apontador da suspensão e o peso do secador.

Com estes dados pode-se calcular a força porque a força e igual a força restauradora deste pêndulo.

$$F_{\text{restauradora}} = m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha$$

Agradeço a ajuda do GtZ (Gesellschaft fuer technische Zusammenarbeit- Alemanha)

Referências

- Weltner, Klaus: Measurement of Specific heat capacity of air. American Journal of Physics. vol. 61, (7) página 661-662, 1993.
- Nussenzveig, M. Curso de Física Básica, vol. 2. Ed. Edgard Blucher, 1981.

DEMONSTRAÇÃO DAS OSCILAÇÕES FORÇADAS E DA CURVA DA RESSONÂNCIA EM CLASSE

Klaus Weltner¹; Paulo Miranda e Sérgio C A Esperidião

1 - Universitat Frankfurt (Alemanha)

Instituto de Física da UFBA-Rua Caetano Moura 123 -Campus de Ondina- 40210-340- Salvador

1 Introdução

Oscilações forçadas e ressonância são fundamentais na física seja na mecânica, na acústica, na ótica e na física quântica. Por causa disso um tratamento qualitativo e quantitativo desses fenômenos é necessário nas escolas do segundo grau. Para uma boa compreensão por parte do aluno é sempre desejável que se demonstre os fenômenos em classe.

A força externa presente em qualquer oscilação forçada, deve ser variável para que se faça uma varredura de frequência do sistema oscilante. Comumente se usa um motor elétrico acoplado a algum dispositivo que propicie tal variação. Se não existe na escola um motor deste tipo, pode-se fazer demonstrações viáveis usando um pêndulo físico de grande massa como agente excitador externo. Este pêndulo deve oscilar um tempo suficiente para funcionar como excitador. Este experimento é destinado a docentes em física que desejarem demonstrar em classe o fenômeno de ressonância com um arranjo experimental simples e barato.

Uma forte característica deste experimento é que tudo pode ser observado facilmente inclusive a fase das oscilações.

2 Arranjo Experimental.

A fig. 1 mostra o arranjo experimental que será descrito em seguida.

O sistema oscilante é um pêndulo físico gravitacional constituído por uma haste leve de alumínio, madeira ou outro material qualquer, cujo comprimento deve ser de aproximadamente 70cm e cuja massa deve estar na faixa de 30-50g e será designado daqui em diante por pêndulo de prova. A haste é pendurada num suporte horizontal por um fio de modo que ela oscile em um único plano. Por isso o fio que liga as hastes (os pêndulos) ao suporte horizontal deve ser preso nas bordas dos pêndulos para permitir aos mesmos um movimento livre no plano das oscilações e não no plano perpendicular a este. O agente externo é também um pêndulo físico, formado por uma haste semelhante a primeira mas acrescida de uma massa de pelo menos 300g que pode ser instalada em qualquer ponto da haste e será daqui em diante designado por pêndulo excitador. O acoplamento é feito por um barbante e uma massa de aproximadamente 30g como mostra a figura 1, as extremidades do fio

devem ser presas às hastes em pontos de mesma cota, observando-se que o ângulo entre o fio e a haste quando na posição vertical não deve exceder 45° . Para variar o acoplamento é aconselhável perfurar adequadamente as hastes de ambos os pêndulos. Para medir as amplitudes das oscilações forçadas deve-se colocar atrás do oscilador, e do pêndulo de prova um pedaço de papel, isopor ou madeira, com escala bem nítida. Para variar e analisar o efeito do atrito usa-se um cartão postal ou metade dele preso a extremidade inferior da haste do pêndulo de prova. Este cartão funciona como um freio de ar quando for colocado perpendicularmente à direção do movimento.

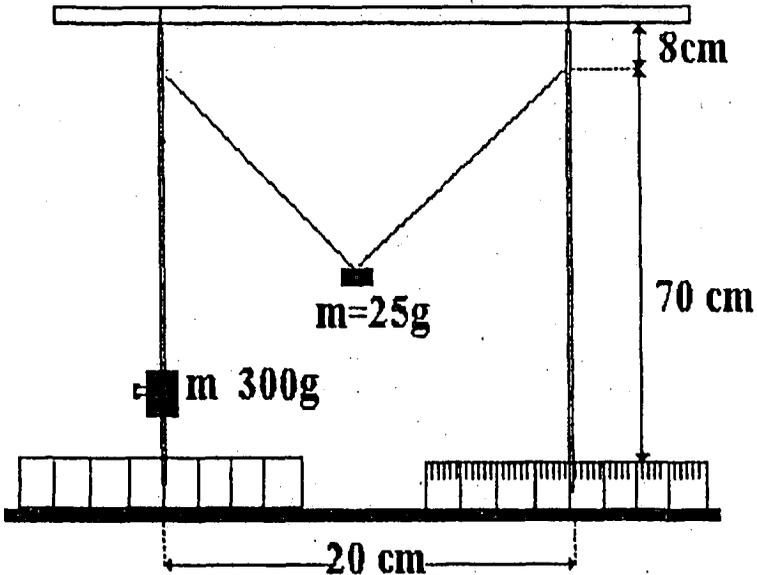


Figura 1- Arranjo experimental.

À esquerda: agente externo(pêndulo excitador).

À direita: sistema oscilante(pêndulo de prova).

3- Experimentos

3.1 Experimentos Qualitativos

Num primeiro passo coloca-se a massa do pêndulo excitador nas posições mais alta e mais baixa da haste e observa-se que a frequência depende da posição da massa. Colocada a massa na extremidade da haste do pêndulo excitador suas oscilações serão de frequência bem abaixo da frequência natural do pêndulo de prova. Se a massa for colocada num ponto alto da haste a frequência do pêndulo excitador será bem acima da frequência natural do pêndulo de prova. As amplitudes das oscilações forçadas no nosso caso são em torno de 1 cm, se o pêndulo excitador tem amplitudes em torno de 10cm. Isso depende sobretudo do acoplamento, quer dizer, da massa e da distancia do fio de acoplamento em relação aos

pontos de fixação dos pêndulos. Observa-se também o fato, de que o pêndulo de prova oscila exatamente com a frequência do pêndulo excitador e não com a sua frequência natural. Existe uma diferença entre oscilações acima e abaixo da frequência natural do pêndulo de prova. Com frequências bem acima da frequência natural a fase entre o excitador e o de prova é quase 180° . Os pêndulos oscilam em contra fase. Com frequências bem abaixo da frequência natural do pêndulo de prova ambos os pêndulos oscilam em fase. A fase é aproximadamente 0° . Num segundo passo busca-se uma posição adequada da massa na haste do pêndulo excitador para que ambos os pêndulos tenham a mesma frequência. Observa-se como a amplitude do pêndulo de prova aumenta significativamente.

3.2 Experimentos Quantitativos

A primeira tarefa é a calibrar o pêndulo excitador em função da frequência. Mede-se as frequências do pêndulo excitador fixando a massa móvel nas distâncias de 10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 50cm, 60cm, e 70cm, do ponto de fixação do pêndulo. Depois mede-se o tempo de 20 oscilações para determinar o período T de uma oscilação. A frequência é $f = \frac{1}{T}$. Com estes dados se faz um gráfico de frequência versus distância (d). A figura 2 mostra um exemplo deste gráfico. Com o auxílio do gráfico é possível então encontrar a frequência associada a qualquer posição. As distâncias para a determinadas frequências devem ser marcados em intervalos de 0.02 Hz. Para marcar é aconselhável colocar uma fita crepe na haste do excitador pêndulo e fazer as marcas com um lápis ou caneta

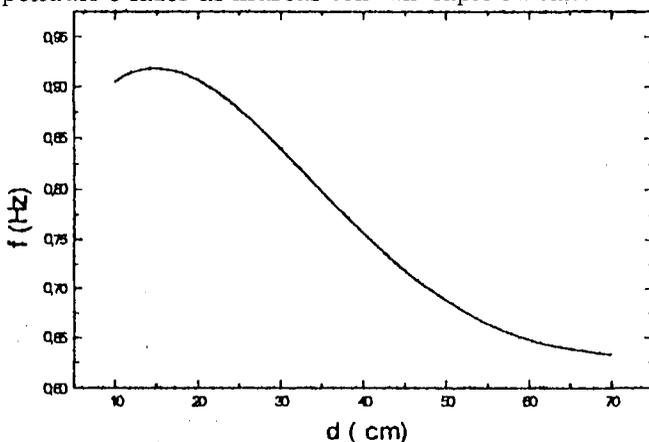


Figura 2: Exemplo de um gráfico frequência em função da distancia (d) da massa móvel do ponto de fixação.

Estamos prontos para medir as amplitudes das oscilações forçadas em intervalos de 0,02 Hz. As amplitudes do excitador devem ficar sempre em torno de 10cm. Pôr causa das perdas esta amplitude diminui

paulatinamente. Por isso devemos começar com uma amplitude bem maior e esperá-la diminuir até atingir 10cm. A medida é então feita quando a amplitude atingir exatamente 10cm. A vantagem deste procedimento é que assim as oscilações forçadas têm tempo bastante para atingir o estado estacionário sem a contribuição das condições iniciais, pois no início sempre existem oscilações iniciais com um certo batimento e que diminuem com o correr do tempo. Para que desapareçam mais rapidamente se usa um freio de ar. Além disso é possível dar toques leves no pêndulo excitador de vez em quando para compensar as perdas (se for necessário), observando atenciosamente a fase do pêndulo excitador e tendo o cuidado para não afetá-la. Com os dados obtidos pode ser feito um gráfico da amplitude versus frequência. Esta curva é a curva da ressonância.

A figura 3 mostra um exemplo deste gráfico. O nosso arranjo só pode medir as frequências em determinada faixa. Porém esta faixa é suficientemente ampla para mostrar as propriedades importantes da curva da ressonância, isto é, a parte em torno da ressonância com a brusca variação das amplitudes em função da frequência do excitador. Esta faixa contém sempre a frequência natural do pêndulo da prova.

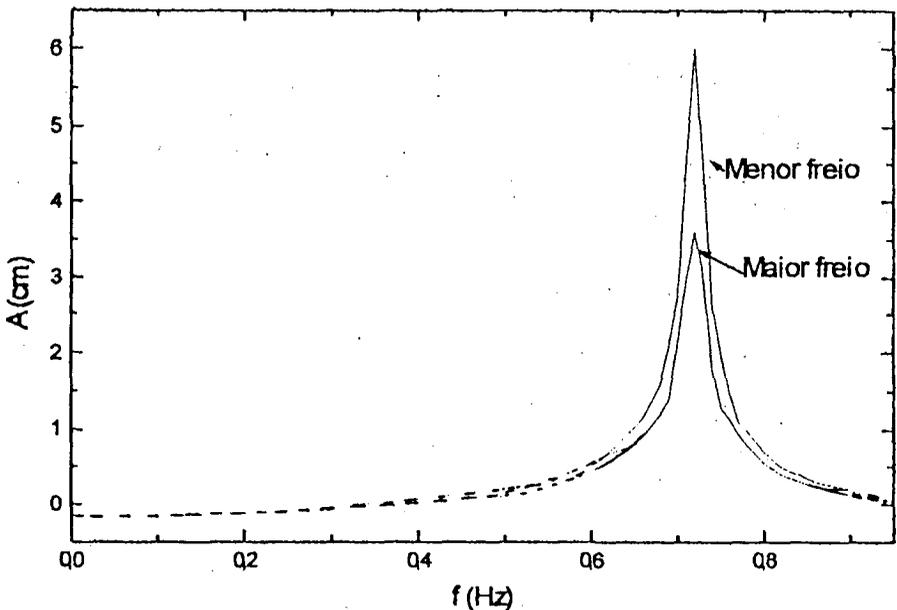


Figura 3. Amplitudes de oscilações forçadas em função da frequência. As linhas pontilhadas não são atingíveis com o nosso arranjo experimental.

Os mesmos experimentos podem ser feitos com um arranjo experimental ainda mais simples como mostrado na figura 4. O pêndulo de prova é uma haste de bambu ou qualquer material. Só tem que ter uma massa entre 30 e 50g e um comprimento de em torno de 70cm. O

pêndulo excitador pode ser feito com um fio e uma pedra cuja massa tem que ser acima de 300g. A acoplagem é feita com um fio e uma pedra pequena. A varredura das frequências é feita pela variação do comprimento do fio do pêndulo excitador. Para facilitar isso deve-se fazer uma alça no fio de acoplagem que deve ser preso ao suporte horizontal de modo que as cotas da alça e do ponto de fixação da acoplagem ao pêndulo da prova sejam a mesma. Pela alça o fio do pêndulo excitador deve correr livremente para baixo e para acima. Este fio pode envolver a haste horizontal com uma ou duas voltas para facilitar a sua sustentação com a mão. Este experimento pode ser executado em classe ou em qualquer lugar a custo zero.

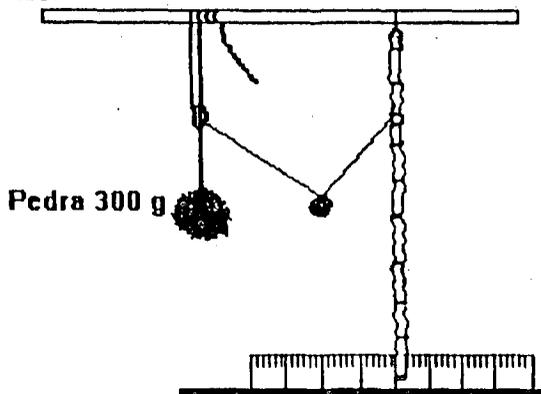


Figura 4: Arranjo experimental com material de custo zero. A frequência do pêndulo excitador é variável em função do comprimento do seu fio

Agradecemos a ajuda do GtZ (Gesellschaft fuer technische Zusammenarbeit, Eschborn, Alemanha).

Referência

Goldstein, Herbert : *Mecanica Classica*, Madrid, 1979

Simon, Keith, R.: *Mechanics*, Reading, Massachusetts, 1960

MESA GIRANTE - EXPERIMENTOS DIVERSOS

Klaus Weltner e Paulo Miranda

Instituto de Física da UFBA - Rua Caetano Moura, 123 - Federação
Campus Universitário de Ondina

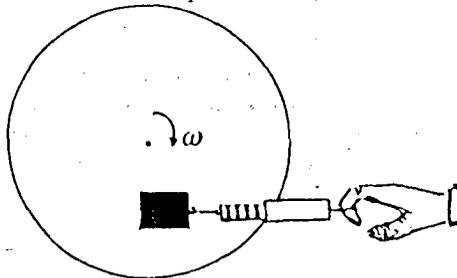
CEP: 40.210-340 - Salvador - Bahia e Universität Frankfurt (Alemanha)

1. Introdução

Uma mesa girante é útil para muitas demonstrações em classe. O melhor é dispor de uma base com rolamentos de baixo atrito. Mas é possível construir uma mesa girante usando rolamento de uma roda de bicicleta ou usando como base a de uma cadeira girante. O tampo da mesa pode ser feito de madeira laminada, revestindo suas duas faces com lâminas de fórmica lisa.

2. Experimentos sobre o Atrito

Coloca-se sobre a mesa uma pequena peça de madeira (200g - 500g), presa a um dinamômetro por um fio, como indica a figura 1.



Figural - Medição de atrito

Quando a mesa girar mede-se a força de atrito. A medição em classe pode ser feita com calma, pois a rotação da mesa pode ser mantida por tempo infinito. Variando a velocidade de rotação demonstra-se que o atrito de deslizamento não depende da velocidade. Variando-se o peso da peça através da colocação de massas adicionais sobre a peça, demonstra-se que o atrito é proporcional ao peso.

3. Aceleração de Coriolis

Lançando-se esferas ao longo de um raio da mesa em baixa rotação, pode-se verificar o surgimento de uma aceleração normal ao raio escolhido. A esfera não permanece rolando sobre o raio escolhido como o faria se a mesa não girasse mas afasta-se dele descrevendo uma trajetória curva sobre a mesa. Em relação a um observador fixo neste raio para com um observador na Terra a esfera mantém a direção do rolamento (ao longo de uma reta).

4. Modelo do Pêndulo de Foucault

O famoso experimento de Foucault que demonstrou a rotação da Terra atrai interesse até hoje. O funcionamento do pêndulo de Foucault pode ser demonstrado se um pêndulo gravitacional for colocado sobre a mesa em baixa rotação. Quando a mesa gira o plano de oscilação do pêndulo permanece estável para o observador em repouso. Para um observador preso à mesa o pêndulo muda o plano de oscilação. Este pêndulo é um modelo de situação que ocorre nos pólos da Terra. A variação do plano de oscilação do pêndulo de Foucault depende da latitude. Esta dependência pode ser demonstrada usando um pêndulo mecânico que simule um pêndulo gravitacional. Tal pêndulo consiste de uma esfera de chumbo (20g), presa a uma das extremidades de uma haste fina de aço. A outra extremidade da haste foi soldado um pequeno tronco cilíndrico do calibre de um lápis para facilitar a fixação do pêndulo, de maneira que a esfera possa oscilar livremente. Veja a figura 2.

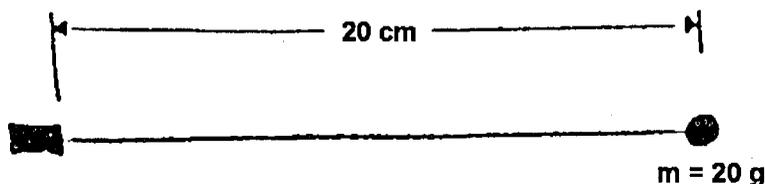


Figura 2 - Modelo do pêndulo de Foucault.

Para oscilações lineares, o plano de oscilação é bem estável. Se este arranjo for colocado sobre a mesa girante pode-se estudar o efeito da latitude. Se a direção do pêndulo puder ser variada o ângulo entre o pêndulo em repouso e o eixo da rotação da mesa representa mecanicamente a latitude. Assim pode-se demonstrar que o pêndulo de Foucault fica em repouso no Equador [1]. Com um oscilador deste tipo as moscas e abelhas orientam-se com relação à posição. Se tal órgão de orientação for desfeito, elas não podem mais executar vôos estáveis.

5. Movimentos das Esferas Rolantes sobre a Mesa Girante

5.1. Movimentos circulares

Se a rotação da mesa for maior do que 1 Hz pode se observar efeitos inesperados que atraem o interesse dos espectadores sejam leigos sejam físicos. Coloca-se uma esfera (de aço ou uma bola de bilhar) sobre a mesa em rotação de forma que a esfera começa a girar até não haver mais deslizamento entre a esfera e a mesa. Por isso a esfera deve ser adequadamente segura no início, fixando a posição dela mas deixando-a girar. Quando não houver mais deslizamento a esfera pode ser liberada. Ao invés de se transladar, a esfera fica estável no lugar inicial em relação

ao laboratório. Se for aplicado um leve toque sobre a esfera, ela começa a descrever círculos, para o observador fixo. Veja a ilustração na figura 3.

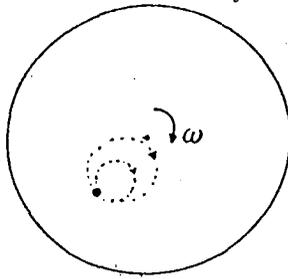


Figura 3 - Movimento circular.

A velocidade rotacional deste movimento circular é $2/7$ da velocidade rotacional da mesa. A velocidade rotacional deste movimento circular é independente da massa da esfera, do raio da esfera e do raio do movimento circular. Os experimentos exigem um bom nivelamento do plano da mesa girante.

5.2. Movimento lateral

Se a mesa gira e a esfera permanece num ponto estável pode-se inclinar o plano da mesa. Ao invés de rolar para baixo, a esfera rola para o lado mantendo a altura. Ela rola em direção perpendicular à da força atuante que é para baixo e paralela à superfície da mesa. Veja figura 4.

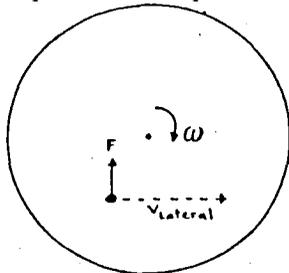


Figura 4 - Movimento lateral.

A velocidade do movimento é constante. A velocidade é proporcional à força ou à inclinação. A velocidade é inversamente proporcional à velocidade de rotação da mesa [2]. Se a esfera se mover em círculos este movimento lateral se superpõe.

5.3. Movimento central

Se a mesa for nivelada com muito cuidado e a esfera for lançada com cuidados adequados pode-se observar mais um fenômeno pouco esperado. A esfera faz um movimento em direção ao centro da mesa [3]. Este efeito torna-se mais impressionante ainda se duas esferas forem lançadas de pontos diametricamente opostos. Este fenômeno é devido ao atrito. O atrito atua como uma força tangencial e causa assim um movimento perpendicular à força. Como este movimento é causado pelo

atrito, pode-se utilizá-lo para medir o coeficiente de atrito de rolamento com muita precisão (3). Veja a figura 5.

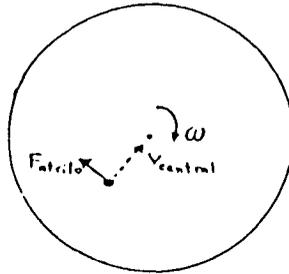


Figura 5 - Movimento central.

5.4. Movimentos em espirais ascendentes

Nós construímos em madeira uma superfície com simetria rotacional e com uma inclinação pequena ($\tan \alpha \cong 0,04$) semelhante a uma calota esférica e a colocamos sobre a mesa girante, com seus eixos de rotação superpostos. A velocidade rotacional da mesa deve ser neste caso em torno de 2 Hz ou mais. Se uma esfera for adequadamente colocada na borda de citada superfície, ela descreve um movimento espiral subindo a superfície. A teoria e os detalhes experimentais deste efeito estão detalhadamente desenvolvidos em [2], [3] e [4]. Veja ilustração deste fenômeno na figura 6.

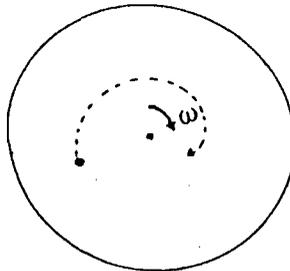


Figura 6 - Movimentos em espirais.

Podemos adiantar que este efeito é o resultado da superposição de dois fenômenos já conhecidos. A inclinação da superfície gera movimento lateral, quer dizer, um movimento perpendicular à força atuante, isto é, um movimento em círculos mantendo a altura. O atrito de rolamento causa além disso um movimento central. A superposição deste movimento é portanto uma espiral para cima.

Agradecemos a ajuda do GtZ (Gesellschaft fuer technische Zusammenarbeit)

Referências

1. Klaus Weltner: A new Model of the Foucault pendulum.
American Journal of Physics. Vol. 47 (4) page 365-366, 1979.
2. Klaus Weltner: Movement of spheres on rotating disks.

Mechanics Research Communications. Vol 10 (4) p223-232, 1983.

3. Klaus Weltner. Central drift of freely moving balls on rotating disks: A new method to measure coefficients of rolling friction. American Journal of Physics 55 page 937-942, 1989.
4. Harry Soudak and Martin S. Tiersten: Perturbation analysis of rolling friction on a turntable American Journal of Physics 64 (9) p 1130-1139, 1996.

O ENSINO DE FÍSICA E A APROPRIAÇÃO DO CONHECIMENTO FÍSICO

Yukimi Horigoshi Pregnotatto (*yukimi@ufba.br*)
IFUFBA

1- Introdução

O conhecimento físico é fortemente apoiado em teorias, que são estruturas complexas envolvendo conceitos, operações e leis articuladas no interior de uma totalidade. Na física, o conhecimento baseado em teorias envolve duas faces. Uma delas diz respeito ao conjunto de relações entre os conceitos relevantes da teoria, associado à sua estrutura conceitual. Trata-se de um tipo de conhecimento que depende bastante de um instrumental matemático-formal tendo, por isso, importante componente lógico. Ele tem um mais forte componente racional, podendo envolver uma visão sincrônica das relações entre os vários conceitos presentes na teoria, e aqui chamaremos de conhecimento em extensão.. A outra face refere-se diretamente às entidades fundamentais que compõem o universo estudado, incorporando visões de mundo que também contribuem ao conhecimento. É um conhecimento com forte componente intuitivo associado a um sentimento profundo de intimidade com o objeto de estudo e que chamaremos de conhecimento em profundidade.

É de especial relevância para a presente discussão o fato de que o "fazer física", principalmente nas fases de ciência normal, é orientado por paradigmas. Esse ato de "fazer física" compreende, portanto, o uso de elementos conceituais compartilhados pela comunidade científica e difundidos entre seus pares através da prática. Assim, as visões de mundo que os membros desse grupo empregam para descrever a natureza, tornam-se mais ou menos privativas deles. Essa característica marca bastante a "física de quem faz". Nesse contexto, é importante notar que, em geral, faz-se ciência com base em estruturas, mas os processos envolvidos no ato de estruturar não são necessariamente conscientes. Assim, é comum que o conhecimento físico, ao ser transformado num produto, seja "passado a limpo", linearizado. Neste processo, os embates entre idéias conflitantes são substituídos pela lógica dos vencedores, ocorrendo aí, uma primeira redução do conhecimento.

O "saber" física em toda a sua potencialidade envolve, assim, tanto o uso do instrumental formal da teoria para a solução de problemas, como também uma dimensão predominantemente não formal, mais profunda, que se traduz em imagens da natureza associadas aos conceitos que dela fazem parte, além de seu reconhecimento como produto de um processo histórico.

Um dos grandes problemas da ciência apresentada pelos livros-texto, é que o conhecimento é abordado de forma linear onde todas as

contradições ocorridas ao longo do tempo são "apagadas", fornecendo a imagem de uma ciência racional e objetiva.

A falta de ênfase nos aspectos estruturais da física impede que suas partes sejam reconhecidas enquanto integrantes de uma unidade mais abrangente. Ao mesmo tempo, o não reconhecimento da existência de uma dimensão mais subjetiva do conhecimento inibe a criatividade ao negar a construção de imagens da natureza associadas aos conceitos.

Para fazer uma radiografia do ensino de física veiculado ao nível do 3º grau, escolhemos alguns dos livros-texto mais utilizados nas nossas universidades e analisamos seu conteúdo em um tópico específico - a teoria eletrostática - uma sub-estrutura da estrutura maior do eletromagnetismo.

2- A eletrostática: o conhecimento ensinado

2-1 O eletromagnetismo no 3º grau/extensão

A informação a respeito da extensão do eletromagnetismo que chega ao terceiro grau foi buscada na análise do programa das disciplinas do IFUSP bem como no índice de alguns livros-texto. A escolha dos textos recaiu sobre aqueles que além de terem larga utilização nas universidades brasileiras, correspondessem a enfoques diferentes atualmente em uso. Abaixo, relacionamos as fontes de informação acompanhados de um número com os quais serão, doravante, identificados.

1. Programa da disciplina Fis III - IFUSP <Pro 93>*
2. Física v.3 e 4 - D. Halliday/R. Resnick <HR 84>
3. Física v.2a, 2b - Paul Tipler <Tip 84>
4. Física v.3 e 4 - J. McKelvey e P. Grotch <MG 79>
5. Curso de Física/Berkeley v.2 - Eletricidade e
6. Magnetismo - Edward Purcell- <Pur 73>

* O material utilizado na análise do eletromagnetismo oferecido pelo IFUSP consistiu numa série de apostilas elaboradas por Robilotta, M. R. e outros, oferecidas aos alunos das disciplinas FIS III e FIS IV, e que passarão a ser chamadas de texto. nº 1.

Antes de fazermos uma análise dos índices dos livros é preciso lembrar que a teoria do eletromagnetismo de Maxwell sintetiza os conhecimentos de eletricidade e magnetismo num único corpo. Assim, algumas das leis experimentais foram convenientemente resumidas num conjunto de equações conhecidas como equações de Maxwell, envolvendo as leis de Gauss elétrica, Faraday, Ampère/Maxwell e Gauss magnética. Todas as leis mencionadas já eram conhecidas bem antes de Maxwell. Sua grande contribuição em termos de síntese foi possível graças a correção que introduziu à lei de Ampère, levando em conta a acumulação de carga que é possível com correntes que variam no tempo. O item equações de Maxwell é o elemento que dá o caráter de todo à estrutura do

eletromagnetismo e é sob este ponto de vista que vamos analisar os índices dos livros-texto e os programas das disciplinas Fis. III e IV da USP, acima relacionados.

Do ponto de vista do conteúdo do eletromagnetismo, a análise dos textos revelou o seguinte quadro apresentado a seguir:

Quadro 2.1: Conteúdo do eletromagnetismo nos textos/3º grau

1	2	3	4	5
Eletrostática	Eletrostática	Eletrostática	Eletrostática	Eletrostática
Corrente elétrica				
Magnetismo	Magnetismo	Magnetismo	Magnetismo	Magnetismo
Indução eletromagnética				
Equações de Maxwell				

Do ponto de vista da ênfase relativa das partes do eletromagnetismo, a análise das fontes revela o seguinte quadro apresentado a seguir:

Quadro 2.2: Ênfases relativas dos tópicos do eletromagnetismo nos textos/3º grau

livro-texto	1*	2**	3**	4**	5**
Tópico	%	%	%	%	%
Eletrostática	43,2	37,8	36,5	37,9	37,2
Corrente Elétrica	9,1	15,0	19,5	17,4	24,1
Magnetismo	18,2	18,4	19,5	17,4	24,1
Indução Eletromagnética	20,4	14,8	18,6	17,7	19,0
Equações de Maxwell	9,1	14,0	5,9	10,6	5,8

* Dados obtidos a partir da sugestão do número de horas reservado para cada assunto no programa das disciplinas.

** Dados obtidos pela contagem do número de páginas dedicadas a cada assunto.

O que se pode observar é que os textos 2, 3 e 4 não têm a preocupação de englobar todo o conhecimento abordado ao longo do livro,

como partes de um mesmo todo. Em todos eles as equações de Maxwell são abordadas num outro volume do(s) mesmo(s) autor(es), correspondendo em geral ao início do curso de Fis IV que trata das ondas eletromagnéticas incluindo óptica.

É evidente que ao longo dos cursos de Fis III e IV a totalidade do eletromagnetismo é alcançada, mas não deixa de ser significativo o fato de se dividir a apresentação de uma teoria como se ela fosse apenas um amontoado de conhecimentos estanques.

Pode-se observar também que no livro 5, este aspecto do conhecimento - a da organização das partes numa mesma totalidade - está contemplado, aspecto este, evidenciado não só pela presença do tópico equações de Maxwell, como também da abordagem adotada, como veremos no item que se refere à profundidade dos conceitos.

Vale ressaltar que este livro tem uma característica que o distingue dos demais: ele faz parte de um conjunto de 5 livros de diferentes autores que constituem o Curso de Física do Berkeley, onde cada livro tem uma unidade própria. O tópico ondas eletromagnéticas faz parte de uma outra unidade deste conjunto.

Os livros 2, 3 e 4 têm mais a característica de livros-texto e são subdivididos em volumes, que obedecem unicamente às necessidades de adequação do conteúdo ao tempo disponível na grade curricular.

O texto nº 1 contempla também o aspecto global do conhecimento que se evidencia na abordagem adotada.

Assim, o que se pode afirmar é que no ensino do terceiro grau, não existem diferenças no que se refere ao conteúdo do eletromagnetismo abordado, apenas com a ressalva feita acima.

2-2 A eletrostática no 3º grau/profundidade

Os mesmos textos que foram utilizados para a análise da extensão do eletromagnetismo contemplado no 3º grau, foram novamente usados, agora para uma investigação a respeito do grau de profundidade com que os conceitos envolvidos na eletrostática, são tratados nos referidos textos. Este tipo de informação pode ser obtido, enfocando na análise dos textos, a ordem de apresentação e a forma com que os conceitos relevantes da teoria são abordados.

As seguintes categorias de análise foram adotadas no estudo da eletrostática apresentada nos livros-texto escolhidos: ordenação dos conceitos, abordagem da carga elétrica, abordagem da lei de Coulomb, abordagem do campo elétrico.

Síntese e análise comparativa dos livros-texto

Uma abordagem comparativa dos principais aspectos investigados, correspondentes às quatro categorias escolhidas, permite traçar algumas tendências do ensino do terceiro grau, no que diz respeito à eletrostática.

Um primeiro ponto a considerar é que, no terceiro grau, em função de um tempo mais longo previsto para cada disciplina, as diferenças relativas aos tópicos de conteúdo do eletromagnetismo abordados, não são relevantes. Todos os tópicos são abordados de modo equivalente. Nesse caso, as diferenças existentes devem-se a ênfases diferentes utilizadas na discussão dos conceitos envolvidos no eletromagnetismo.

Estas diferenças se evidenciam já na ordem de apresentação desses conceitos ao longo dos capítulos referentes à eletrostática. Assim, a apresentação da eletrostática em quatro dos cinco livros analisados (2, 3, 4 e 5), segue a ordenação carga elétrica - lei de Coulomb - campo elétrico, onde os conceitos de carga elétrica e campo elétrico são abordados separadamente. Já a ordenação seguida pelo texto nº 1 é carga/campo - lei de Coulomb - campo elétrico. Neste texto, carga e campo são apresentados como um único ente elementar denominado carga/campo, responsável pelas interações eletromagnéticas, evidenciando assim, a relação de indissociabilidade entre eles.

Existem diferenças entre os cinco livros investigados, no que se refere à introdução do conceito de carga elétrica, que revelam uma maior ou menor preocupação em situar as interações elétricas no plano mais geral de todas as interações que ocorrem na natureza. Assim, nos textos 1, 4 e 5, o conceito de carga elétrica é introduzido no contexto das interações fundamentais da natureza, ao passo que nos textos 2 e 3 este conceito é apresentado de maneira mais localizada, no contexto restrito dos fenômenos elétricos.

Quanto às propriedades da carga elétrica, o texto nº 2 menciona a conservação e a quantização de maneira bastante superficial, não discutindo conceitualmente e enfatizando apenas aspectos que se referem à quantidade de cargas. Os textos nºs 1, 3, 4 e 5, ao contrário, fazem uma discussão conceitual mais aprofundada. Assim, tratam da elementaridade da carga elétrica no aspecto relativo à sua natureza discreta, mencionando a carga do elétron como a menor quantidade de carga encontrada na natureza, enfatizando adequadamente o fato da carga elementar não se confundir com a partícula portadora.

Os textos nºs 1, 4 e 5 aprofundam um pouco mais a discussão a respeito da elementaridade da carga, mencionando a "existência" teórica hoje das partículas denominadas quarks, com carga elétrica menor que a dos elétrons. Nessa discussão enfatizam o fato de uma previsão teórica não confirmada pela experiência não ser necessariamente descartada.

Já um outro aspecto da carga elementar, referente à sua puntualidade, não é discutido por nenhum dos livros investigados. Assim, em geral carga elétrica puntiforme é vista como carga associada a partículas puntiformes, relacionando a puntualidade da carga com a puntualidade da partícula e não com a inalterabilidade da carga elementar.

Ênfases diferentes podem ser evidenciadas também na forma de apresentação da lei de Coulomb. Os textos n^{os} 2, 3 e 4 apresentam a Lei de Coulomb enfatizando o fato de ser uma lei que resultou de experiências utilizando balança de torção, privilegiando os aspectos operacionais da mesma. Em particular, os textos n^{os} 2 e 4 definem carga puntiforme quando da apresentação da experiência de Coulomb, enfatizando o fato de que não há como medir a força entre duas cargas elementares ainda que a validade da lei seja universal. Dessa forma, trabalham com corpos macroscópicos carregados de dimensões desprezíveis em relação à distância relativa entre as cargas, para os quais os efeitos são os de uma carga puntiforme. A não discussão da puntualidade da carga elementar tem como consequência o tratamento do princípio da superposição como uma regra.

Os textos n^{os} 1 e 5 introduzem a lei de Coulomb com ênfase inicial na descrição da natureza contida na mesma. Assim, a partir da análise da equação da força coulombiana, extraem suas propriedades e informações a respeito das entidades envolvidas, ou seja, a respeito das "cargas puntiformes" de que trata a lei e a respeito do espaço onde estão localizadas. Nesse tratamento, enfatizam a natureza escalar da carga elétrica e a isotropia do espaço vazio, mas não discutem a puntualidade da carga. Como consequência, o princípio da superposição das forças é apresentado no texto n^o 5 como um resultado experimental e no texto n^o 1 como consequência da superposição dos campos. Ambos mencionam a lei de Coulomb como uma verificação experimental da lei do inverso do quadrado da distância, obtida através de observação indireta.

Também na abordagem do conceito de campo elétrico podem ser evidenciadas diferenças de ênfases.

Os textos n^{os} 2, 3 e 4 definem campo elétrico num ponto do espaço através da relação $\vec{E} = \vec{F}/q_0$, obtido com o uso de carga de prova q_0 . Estes textos costumam trabalhar com corpos macroscópicos carregados e não com cargas elementares. Por essa razão, ao definir campo elétrico através do uso de carga de prova, necessitam impor a condição de que q_0 seja tão pequeno quanto possível, ou $q_0 \rightarrow 0$. Dessa forma, o conceito de campo elétrico, parece depender da particular carga de prova utilizada para a sua detecção, não sendo portanto autônomo. Os textos n^{os} 2, 3 e 4 enfatizam mais a utilidade do conceito de campo, privilegiando aspectos operacionais associados ao cálculo do campo produzido por diferentes distribuições de carga.

Já o texto n^o 5, embora defina campo elétrico a partir da força coulombiana, demonstra matematicamente que este campo é uma grandeza vetorial que depende somente do sistema de cargas e da posição do ponto, não dependendo portanto da particular carga de prova utilizada para detectá-lo. Ao fazer isso, confere autonomia conceitual ao campo.

Enfatiza na discussão a respeito do campo elétrico, o fato de o vetor campo elétrico num ponto do espaço ser suficiente para o cálculo da força sobre qualquer carga colocada naquele ponto.

O texto nº 1, como já mencionamos, encara a interação entre cargas como uma combinação de duas capacidades diferentes da carga elétrica: a de criar e a de sentir forças. A capacidade de criar forças associa o conceito de campo elétrico, autônomo e dependente apenas da carga da qual é indissociável. Dessa forma, carga e campo são vistos como uma entidade única carga/campo, onde o campo é visto como uma aura que envolve a carga da qual é inseparável e ocupando todo o espaço em volta da carga desde as posições infinitamente próximas da carga até posições infinitamente distantes. Assim, a interação é entendida como uma carga imersa no campo de outra carga, formalizado pela relação $\vec{F} = q\vec{E}$, o campo desempenhando o papel de mediador da interação cujo efeito é a força. Há, portanto, uma ênfase na natureza dos conceitos, de forma a construir uma imagem da natureza compatível com a teoria.

Finalmente, no que toca à abordagem da lei de Gauss, todos os textos investigados mencionam a equivalência entre as leis de Gauss e de Coulomb no caso eletrostático, contudo, os textos nºs 2, 3, 4 e 5 enfatizam nessa lei a sua utilidade no cálculo de campos produzidos por distribuições simétricas de cargas. Já o texto nº 1, enfatiza a imagem da natureza contida na mesma.

Existe ainda uma outra diferença entre os enfoques dados pelos textos nºs 2, 3, 4 e 5 de um lado e o texto nº 1 de outro, no que se refere à maneira de encarar a interação.

A interação é vista pelos livros do primeiro grupo sob um ponto de vista que privilegia o efeito da mesma. Assim, a grandeza relevante na interação é seu efeito: a força de interação. Isto se evidencia tanto na ordem da apresentação da eletrostática, quanto na ênfase dada aos aspectos experimentais ligados à medida das grandezas, e na pouca ênfase dada às propriedades das entidades envolvidas. Toda a abordagem é centrada na força, que tem existência autônoma porque diretamente "mensurável" (2, 3 e 4). Desta forma, o elemento central da teoria da eletrostática fica sendo a equação da força coulombiana que dá informações sobre o comportamento de cargas e campos mas não sobre a natureza deles. Sob este ponto de vista, o campo elétrico é um conceito auxiliar de grande utilidade mas sem significado físico.

Quanto ao texto nº 5, embora também privilegie o efeito da interação, dá autonomia ao conceito de campo elétrico enfatizando suas propriedades.

O texto nº 1 busca explicar a interação a partir das propriedades das entidades envolvidas na mesma, privilegiando portanto aspectos relativos à natureza dessas entidades. Sob esse ponto de vista, o que é relevante na interação entre cargas é a natureza das mesmas, capaz de explicar seu efeito - a força. O objeto carga/campo é o elemento central da

teoria, tendo uma existência autônoma, a partir do qual se desenvolve toda a teoria.

Em linhas gerais, podemos dizer que na maioria dos textos investigados, o que é relevante na interação é a idéia de que carga cria força, ao passo que o texto n° 1 centra na idéia de que carga cria campo.

Na abordagem que privilegia a força, percebe-se uma preocupação maior em tornar mais concreta a discussão. Neste tipo de abordagem, costuma-se trabalhar com corpos carregados ou distribuições discretas de cargas e não com cargas elementares, já que a força entre cargas elementares não é "mensurável". Da mesma forma, existe uma preocupação em operacionalizar as grandezas envolvidas.

Na abordagem que privilegia a carga/campo como centro da teoria, percebe-se uma preocupação maior com a natureza que a teoria procura descrever. Ela procura, a partir do formalismo, buscar informações a respeito da natureza que ela descreve, independente de ser observável ou mensurável, discutindo-as através de imagens e palavras da nossa linguagem comum.

É verdade que este esforço em transcender ao formalismo está presente no texto n° 5, com a diferença de que as informações sobre a natureza contidas nas leis são discutidas pelo autor através de uma linguagem mais matemática e abstrata.

3- Conclusões

Dos cinco livros analisados, em apenas dois deles existe a preocupação de articular a eletrostática dentro de uma totalidade maior. Assim, na maioria dos livros-texto investigados, o eletromagnetismo é apresentado de modo fragmentado, o que dificulta que os conceitos envolvidos em cada parte sejam inseridos num contexto mais amplo. Existem também diferenças na forma de introduzir os conceitos. Por exemplo, em três deles o conceito de carga elétrica é introduzido como parte das interações da natureza, ao passo que em dois outros essa introdução se faz nos restritos limites dos fenômenos de natureza elétrica.

Com relação à profundidade dos conceitos envolvidos na eletrostática, apenas dois livros contemplam esta dimensão, mergulhando mais profundamente no formalismo em busca de um significado para os símbolos utilizados. Contudo, somente um deles procura associar a esses símbolos, uma imagem da natureza. Os demais limitam-se simplesmente ao aspecto matemático desse formalismo, sem maiores considerações, sendo exatamente aqueles mais utilizados em termos nacionais. Assim, esta última visão é a que representa mais a proposta de ensino do eletromagnetismo do terceiro grau.

A construção de imagem da natureza tem grande importância na aprendizagem de física pois é ela que cria a ponte entre o abstrato e o concreto, ou seja entre o mundo teórico e o mundo físico que a teoria

procura descrever. É este o tipo de conhecimento que nutre e reforça visões de mundo, abrindo as fronteiras para novos modos de se organizar a experiência. Uma visão de mundo, qualquer que seja, é o ponto de partida para que o aluno libere sua capacidade criativa buscando construir um conhecimento coerente e integrado do mundo material. Um ensino baseado em imagens da natureza permite uma participação ativa do aluno na elaboração do seu próprio conhecimento, além de torná-lo crítico com respeito ao conhecimento que lhe é oferecido no processo de ensino.

Bibliografia

- <Alv 85> Alves, Rubem; "Filosofia da Ciência: Introdução ao jogo e suas Regras". Ed Brasiliense, São Paulo, 1985.
- <Cha 82> Chalmers, A.F. ; "What is this thing called Science?" 2nd ed.; The Open University Press; Milton Keynes; London; 1982.
- <EI 76> Einstein, Albert e Infeld, Leopold; "A evolução da Física". Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1976.
- <GLR 81> Goldman, Carla; Lopes, Eliana e Robilotta, Manoel R. - "Um pouco de luz na lei de Gauss". Revista de Ensino de Física, 3(3) pp 3-15, Set.1981.
- <Ham 89> Hamburger E.W.; "O que é Física?". Editora Brasiliense; São Paulo; 1989.
- <HR 84> Halliday, David e Resnick, Robert; "Física", vol 3. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1984.
- <Kne 80> Kneller, G.F.; "A ciência como atividade humana". Zahar/Edusp; São Paulo ; 1980.
- <<Kuh 92> Kuhn, T.S. ; "A estrutura das revoluções científicas". Editora Perspectiva; São Paulo; 1992.
- <LM 79> Lakatos, I. e Musgrave A. (organizadores); "A crítica e o desenvolvimento da Ciência". Editora Cultrix/Edusp; São Paulo; 1979.
- <Lu 90> Lungarzo, Carlos; "O que é Ciência". Editora Brasiliense, São Paulo, 1990.
- <MG 79> McKelvey, John; P, Grotch Howard; "Física", vol 3. Ed. Harper e Row do Brasil Ltda, São Paulo, 1979.
- <Oli 88> Oliveira, Maurício P. Pinto de; "O uso de modelos no ensino de física: uma aplicação aos circuitos elétricos". Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (modalidade Física), IFUSP/FEUSP, São Paulo, 1988.
- <Osa 72> Osada, J.; "Evolução das idéias da Física". Editora Edgard Blucher/EDUSP; São Paulo; 1972.
- <Pop 69> Popper, K. R.; "Conjectures and refutations". Routledge and Kegan Paul; London; 1969.
- <Pop 75> Popper, K. R.; "A Lógica da pesquisa científica". Editora Cultrix/EDUSP; São Paulo; 1975.

- <Pro 93> Programa das disciplinas oferecidas pelo IFUSP/93.
- <Pur 73> Purcell, Edward, M.; "Curso de Física de Berkeley", vol.2- Eletricidade e Magnetismo. Ed Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1973.
- <RC 90> Robilotta, M.R. e Coelho, H.T.; "Forças Nucleares". Ciência Hoje vol. 11, nº 63, São Paulo, 1990.
- <Rob 85> Robilotta, Manoel R.; "Construção e Realidade no ensino de Física". Instituto de Física da USP, São Paulo, 1985.
- <Rob 88> Robilotta, Manoel R.; "O cinza, o branco e o preto - da relevância da História da Ciência no ensino da Física". Cad. Cat. Ens. Fis., 5 (Número Especial), p. 7-22, Florianópolis. Jun 1988.
- <Sal 86> Salém, Sonia; "Estruturas conceituais no Ensino de Física - Uma aplicação à Eletrostática". Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências (modalidade Física), IFUSP/FEUSP, São Paulo, 1986.
- <Tip 78> Tipler, Paul A.; "Física", vol 2. Ed.Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1978.
- <Zan 89> Zanetic, João; "Textos de Evolução". Publicação IFUSP; São Paulo; 1989.

LABORATÓRIO PARA DEMONSTRAÇÕES PROJETOS E MODELOS

Paulo Miranda e Klaus Weltner
Instituto de Física da UFBA - Rua Caetano Moura, 123 - Federação
Campus Universitário de Ondina
CEP: 40.210-340 - Salvador - Bahia e Universitat Frankfurt (Alemanha)

1. Introdução

Na formação de Professores de Física na Universidade em que trabalhamos há uma prática sistemática de se dar pequena ênfase à experimentação não-convencional e destinada a demonstrações, isto é, os experimentos são previamente elaborados dos quais os alunos devem obter resultados que serão analisados segundo padrões preestabelecidos. Embora tal abordagem tenha como objetivo introduzir o licenciando ao método científico da pesquisa experimental ela deve ser complementada com outras ações. Ações que o estimulem a ser criativo num laboratório; a desenvolver simultaneamente as faculdades de análise e de síntese que a elaboração de um experimento destinado à demonstração exige. Ele tem que aprender com materiais disponíveis no seu dia a dia a produzir, ele mesmo, dispositivos simples e baratos capazes de esclarecer conceitos ou fenômenos da física e a estabelecer uma relação entre efeito físico e teoria física. Sem estas habilidades o futuro professor tenderá a reproduzir em suas classes somente o que está escrito nos livros textos (didáticos), repassando para as futuras gerações o comportamento perverso do “não-saber-fazer”.

2. Objetivos e Estrutura da Disciplina

Nós, no entanto, estamos profundamente convencidos de que é imprescindível saber fazer. Ou seja, cada aluno deve ser exercitado tanto nas suas faculdades intelectuais quanto nas manuais. Por isso, criamos um laboratório de “Pesquisa em Ensino de Física” onde professores e licenciandos poderão executar projetos e confeccionar modelos de dispositivos que auxiliem no esclarecimento de conceitos ou leis da Física. Foi criada também uma disciplina de Matéria “Instrumentação para o Ensino de Física” que será ministrada neste laboratório. Seu principal objetivo, é capacitar mais o licenciando para que ele repasse a seus futuros alunos novas atitudes que lhes propiciem uma inserção mais eficaz na sociedade moderna. Esta disciplina tem a mais as seguintes características:

- O licenciando nesta disciplina, embora acompanhado por um professor, deverá ser um agente ativo na organização e na reprodução do conhecimento, atitudes que normalmente são desempenhadas pelo professor nas classes convencionais.

- O licenciando deverá ser estimulado a medir e a refletir mais sobre efeitos físicos de larga ocorrência como aqueles relacionados com o atrito da luz e do som, com a constante de radiação solar, com o comprimento das ondas, com as constantes de condução, etc. e as consequências destes parâmetros no nosso dia a dia.

- O licenciando deverá apresentar os resultados de seus trabalhos em mini-exposição de aproximadamente 20 minutos para seus colegas. Na avaliação desta apresentação, serão considerados relevantes: a clareza das idéias, a visibilidade dos experimentos, a postura como professor, a ligação entre a demonstração e a teoria. Os licenciandos avaliam assim as apresentações experimentais do ponto de vista dos futuros alunos. Alguns exemplos de experimentos típicos deste laboratório estão sendo apresentados neste Simpósio: oscilações forçadas não lineares; curva de ressonância; física do voo; calor específico do ar; mesa girante; caldeirão como calorímetro e Bacia de Kepler.

3. Primeira Realização

A estrutura desta disciplina foi implantada em um Curso de Aperfeiçoamento de professores do segundo grau (60 das 360 horas totais do curso), ministrado pelo Instituto de Física da UFBA., durante três semestres letivos: de junho de 1995 a dezembro de 1996, com resultados satisfatórios. Os professores-alunos construíram dispositivos dentre os quais citaremos:

- *Looping real*, construído em calha de ferro, sobre a qual podem rolar esferas de aço de diâmetros variados. Foi feito um estudo analítico do movimento de esferas neste looping (estudo ainda não submetido à publicação), utilizando-se as leis de mecânica e considerando as perdas por atrito de rolamento e deslizamento.

- *Formas de energia* - dispositivo constituído por um dínamo-gerador acionado mecanicamente e um circuito elétrico elementar com lâmpadas, imã e espiras que ilustram o funcionamento de um motor elétrico.

- *Ressonância mecânica* - dispositivo constituído por um conjunto de pêndulos simples acionados por lufadas intermitentes de ar, geradas por um secador de cabelo, cujas frequências podem ser variadas.

As lufadas intermitentes são obtidas colocando-se e retirando-se um obstáculo entre o fluxo de ar do secador e os pêndulos com frequência determinada por um metrônomo. Assim, do conjunto dos pêndulos só aquele com a frequência em ressonância com a das lufadas de ar entra em oscilação enquanto os outros quase repousam.

PRODUÇÃO E ELABORAÇÃO DE UM KIT DE TRABALHO PARA O ENSINO DE ASTRONOMIA EM AULO, DIRIGIDO À ESCOLAS ELEMENTARES

Horácio Tignanelle¹ (*horacio@fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar*)

Rute Helena Trevisan² (*trevisan@npd.uel.br*)

CleitonJoni Benetti Lattari³ (*cleiton@npd.uel.br*)

1- Departamento de Fotometria Estelar - Universidade Nacional de La Plata - Argentina

2- Departamento de Física - Universidade Estadual de Londrina - Brasil

3- Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis - Brasil

Devido a escassez de material didático destinado ao ensino de astronomia e a dificuldade de visualizar certos aspectos dos fenômenos astronômicos cotidianos, apresentamos aqui, uma proposta de realização de um kit de elementos, de elaboração simples, cujo objetivo é introduzir os alunos e os docentes da escola de primeiro e segundo graus, na observação astronômica, além de fornecer a eles o aprendizado de noções elementares de astronomia, usando a confecção de modelos.

Desenvolvimento de Kit de Astronomia

O trabalho de desenvolvimento do kit, será dividido em:

Estudo e desenvolvimento

Objetivos e perspectivas

Justificação, tecnologia e contexto escolar

Aplicação teórica, astronômica e educativa

Justificação teórica e desenho preliminar

Desenho de Atividades e redação do manual

Provas de Campo

Otimização e controle

Desenho Industrial dos elementos do kit e seu recipiente

Estudo do material

Estudo de Custos e Realização

Obtenção de Recursos

Desenho das etiquetas e manual

Desenho gráfico

Realização

Treinamento dos professores

Distribuição às escolas

Avaliação da Aplicação dos kits

O item estudo e desenvolvimento do kit será realizado em conjunto com as escolas da rede pública de ensino.

Este projeto está sendo realizado em colaboração do Departamento de Física da Universidade de Londrina e do Departamento de Fotometria Estelar da Universidade de La Plata, na Argentina, com a participação do Departamento de Ciências da FEMA/IMESA de Assis, São Paulo.

PROJETOR DE SLIDES DE BAIXO CUSTO : UTILIZAÇÃO COMO INSTRUMENTO ÓPTICO E COMO MATERIAL INSTRUCIONAL

Angela Camargo

Scientia Ativa - Centro de Apoio à Educação em Ciências
Caixa Postal 96 CEP 89010-971 Blumenau SC
Tel./Fax (047) 336-1391

Resumo

Neste trabalho apresentamos um equipamento de baixo custo e de simples utilização, um projetor de slides construído a partir de conexões roscáveis de PVC; o projetor é montável/desmontável permitindo a visualização dos seus componentes internos e a compreensão de diversos aspectos de seu funcionamento. Seu uso pode ser explorado como instrumento de projeção com a possibilidade de os slides serem produzidos pelo próprio usuário, e como material instrucional. Apresentamos sugestão para a confecção dos slides e sugestão para utilização do projetor em atividade experimental na abordagem de conceitos em Óptica Geométrica, dentro do referencial teórico de estudo das concepções prévias.

I Introdução

Uma das situações que pode ser enfrentada por professores de Ciências no 1º Grau e Física no 2º Grau relativamente à abordagem de conceitos físicos é a promoção de atividades que ofereçam a possibilidade de promover a construção do conhecimento pelo estudante. Atividades em que o aluno tem a oportunidade de interagir com um sistema físico concreto, elaborar hipóteses, explicitar seus modelos explicativos, discuti-los, reelaborar hipóteses num processo dinâmico facilitado pelo professor, poderão contribuir para a construção do conhecimento científico.

II A concepção do projetor

O projetor é constituído de conexões roscáveis de PVC, que após montadas, acomodam no seu interior uma lente, um refletor, uma lâmpada para lanterna, um estabilizador de voltagem, um fio alimentador e pilhas.

A constituição do seu corpo por elementos roscáveis torna o projetor facilmente montável e desmontável; esta possibilidade permite que se veja a localização de seus componentes internos abrindo a oportunidade para que o estudante se defronte com a questão do funcionamento do projetor.

Outras vantagens são a praticidade de seu uso pela facilidade de manuseio, a inquebrabilidade dos elementos de PVC, e a possibilidade de ser ligado à rede elétrica.

Uma característica que faz parte desta concepção, é a proposta de produção dos slides pelos próprios usuários, onde os alunos e o professor poderão envolver-se em um processo dinâmico de criação. O slide em sua forma final pode ser obtido de duas maneiras: fotografando-se com filme positivo o que se deseja projetar; ou, reproduzindo-se em folha de acetato (transparência para retroprojeto), por xerox ou scanner, e em tamanho convenientemente reduzido, desenhos, quadrinhos, etc., que poderão ser criados pelos próprios alunos ou pelo professor, lembrando que é possível produzir estórias ou outros acompanhadas de textos gravados e trilhas sonoras. Aqui abrem-se possibilidades para expressão do potencial criativo de professores e alunos ao envolverem-se em produções através da linguagem do cinema.

III Uma sugestão para atividade de construção de conceitos em óptica geométrica

A pesquisa em concepções prévias, na área de ensino de Física, tem evidenciado a influência destas na aprendizagem, por serem idiossincráticas, persistentes, resistentes a mudanças, e seus modelos explicativos distanciados dos modelos cientificamente aceitos. Assim elaboramos uma proposta de atividade que leva em consideração resultados e estratégias metodológicas propostas nesta linha de pesquisa.

Em Óptica Geométrica tem se desenvolvido trabalhos em concepções prévias que identificam as principais dificuldades conceituais dos alunos. Harres¹ relaciona a existência de algumas concepções prévias referentes à propagação da luz e de suas propriedades, ao processo da visão à reflexão da luz e à formação de imagens nos espelhos planos; encontramos em Higa e Moscati² aquelas que se relacionam a conceitos essenciais para o estudo, compreensão e utilização das lentes.

Sugerimos, em linhas gerais, proposta de atividade com a utilização do projetor de slides roscável, na qual os alunos possam formular seus esquemas explicativos e a intervenção do professor se dê no sentido de favorecer a aproximação destes ao modelo cientificamente aceito.

A 1ª fase da atividade, propiciadora de interação com o sistema físico concreto através da ação do aluno ao operar com o projetor, será de caráter investigatório, tratamento qualitativo das variáveis envolvidas no fenômeno e promoverá a explicitação de conceitos prévios: o professor proporá aos alunos a solução de problemas relativos à formação da imagem, sua localização, tamanho e inversão, nitidez, distancia ideal para obtenção da melhor imagem, e solicitará aos alunos que façam no papel esquemas representativos das suas respostas aos problemas. A seguir o professor coordenará a discussão dos esquemas obtidos

proporcionando aos alunos enunciarem suas hipóteses e responderem o como e o porque da ocorrência do fenômeno.

A 2a. fase incluirá o tratamento quantitativo das variáveis e a testagem dos modelos obtidos para explicação do fenômeno, e a capacidade de previsão dos modelos.

A atividade é finalizada abrindo-se a oportunidade para identificação das funções da fonte de luz, da lente, do meio de propagação da luz, e para o tratamento matemático das relações entre a distância da imagem à lente, do slide à lente, e distância focal da lente

IV Conclusão

É possível a elaboração de atividades de construção de conhecimento a partir de equipamento de baixo custo e potencialmente significativo, considerando-se um referencial teórico que ofereça elementos que possam nortear a proposta. Os resultados das investigações em concepções prévias tem mostrado as implicações da sua ocorrência para a aprendizagem de conceitos científicos, e a transferência destes resultados para a sala de aula pode dar-se pela ação do professor que busca criar e implementar propostas que considerem a bagagem conceitual que o aluno já traz, e que formou-se em sua estrutura cognitiva antes mesmo de passar pelo processo da educação formal.

V Referências bibliográficas

- 1.HARRES, J.B.S. Um teste para detectar concepções alternativas sobre tópicos introdutórios de Ótica Geométrica. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v.10, n.3, p.220-234, dez. 1993.
- 2.HIGA,I.; Moscati,G. **Uma aplicação dos estudos de concepções prévias em Óptica Geométrica na elaboração de atividades experimentais significativas.** Trabalho apresentado no XI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Niterói, jan. 1995.

UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR COMO INSTRUMENTO DE ENSINO - UMA PERSPECTIVA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Josimar M. Ferreira, Valquíria R. de Carvalho Martinho¹ (ribeiro@nutechnet.com.br)

José de S. Nogueira, Carlos Rinaldi, Sérgio R. de Paulo² (rinaldi@cpd.ufmt.br)

1 UFMT/IE - Cuiabá-MT

2 Deptº. de Física/CET/UFMT - Cuiabá-MT

Introdução

A inserção do computador nas escolas, como instrumento de ensino adicional às aulas convencionais, vem crescendo progressivamente em todo o mundo. Naturalmente, sua utilização tem se tornado uma tendência global, sendo que vários pesquisadores da área de ensino têm se dedicado ao tema [Santos (1990); Santos (1993); Terini *et al.* (1994); Costa e Paulo (1995)]. Diante desse quadro, e levando-se em conta os resultados obtidos pela pesquisa acadêmica na área da Educação em Ciências [Driver, 1989], existe a preocupação quanto a forma como esta máquina se instala nas escolas, a título de instrumento de ensino, levando-se a refletir: Qual a sua singularidade em relação aos instrumentos tradicionais de ensino, que levariam os alunos à obtenção de uma aprendizagem significativa?

No que concerne ao ensino da Física, todas as séries apresentam tópicos que envolvem conceitos técnicos e cálculos, onde as situações virtuais criadas no computador oferecem importante auxílio à aprendizagem de tais conceitos. Nada melhor, por exemplo, que estudar no computador, passo a passo, a trajetória de uma bola no caso do lançamento oblíquo (lançamento de projéteis), o que o experimento convencional em laboratório não permite.

Analisando os softwares educacionais disponíveis no mercado, pode-se constatar que eles possuem uma importante característica comum: Eles são *estáticos*, no sentido que independem das concepções do aluno-usuário, ou seja, eles são preconcebidos de forma a simular situações-problema (colisões, planos inclinados, reflexão da luz, etc) ou meramente na condição de verificar o acerto ou erro do aluno colocado diante de questões objetivas. Assim, os softwares apresentam as mesmas alternativas para alunos apresentando diferentes graus de desenvolvimento cognitivo e diferentes concepções sobre o tema abordado. Além disso, é claro que os softwares assim concebidos não podem lidar com questões subjetivas, ou seja, com a própria linguagem, concepção e nível cognitivo do aluno, aproximando-se tanto quanto possível da interação professor-aluno na relação ensino-aprendizagem, propiciando uma aprendizagem realmente significativa.

De acordo com a abordagem ausubeliana [Moreira (1983a); Ausubel (1968)], uma das condições fundamentais para que ocorra a

aprendizagem significativa é que novas informações devem relacionar-se, de alguma forma, com um elemento relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo [Moreira (1983a)], ou seja, as novas informações devem fazer sentido para o indivíduo. Indivíduos diferentes terão subsunçores diferentes, portanto, para que os mesmos obtenham aprendizagem significativa sobre um determinado tema, as informações a eles oferecidas devem ser diferentes.

Um outro ponto relevante é a questão da linguagem. Ausubel enfoca a linguagem como um facilitador importante para a ocorrência da aprendizagem significativa [Moreira (1983)]. Os conceitos abordados serão realmente assimilados pelos alunos, se eles forem apresentados numa linguagem que também faça sentido para o aprendiz.

Dada a característica estática dos softwares educacionais disponíveis no mercado, pode-se concluir, portanto, que eles não atendem os pré-requisitos fundamentais para a ocorrência da aprendizagem significativa. A sua arquitetura não é flexível o suficiente para construir conceitos a partir de subsunçores diferentes. Além disso, a linguagem sobre a qual eles estão estruturados (não a linguagem computacional, mas a terminologia utilizada para nomear os conceitos envolvidos) não equivale à linguagem do aprendiz. Acredita-se então, que uma das limitações imposta pelo uso do computador seja a comunicação (*interface*) entre o aluno e a máquina.

Sabidamente, computadores e humanos tem naturezas extremamente diferentes, já que a máquina se limita apenas a fazer processamentos rápidos, enquanto humanos têm a possibilidade de uma abordagem qualitativa e criativa dos fenômenos físicos.

Portanto, a utilização de computadores para o ensino pode se tornar mais eficiente se uma *interface* apropriada, entre aluno e máquina estiver disponível, fazendo com que o aprendiz possa aprimorar sua estrutura cognitiva a partir de seus subsunçores. Uma possibilidade para se criar tal *interface* é que ela esteja baseada na linguagem própria dos mesmos. Se o computador puder compreender a linguagem do aluno (mesmo as gírias e termos qualitativos como “mais alto”, “menos intenso”, etc.), então a interação do aluno na realidade virtual criada pelo computador deve se tornar mais ampla.

Este trabalho tem como objetivo mostrar que um caminho possível para a obtenção de tal *interface* é o desenvolvimento de um Programa de Inteligência Artificial (PIA), estruturado a partir de uma análise comparativa entre a evolução das teorias cognitivas, referente ao tema aprendizagem significativa, e a própria evolução das linguagens de computação, permitindo ao aluno interagir com maior intimidade com programas especialistas, propiciando-lhe o desenvolvimento da criatividade, iniciativa e capacidade de raciocínio, proporcionando uma aprendizagem significativa, contínua e autônoma, fundamentada na interação e visualização de situações vivenciadas em seu cotidiano, as quais a Física, que é uma ciência natural, explica e/ou equaciona.

Nos próximos tópicos, apresentar-se-á uma breve analogia entre a evolução das teorias cognitivas e da linguagem de computação; a questão da construção do espaço de conceitos e a descrição e estratégia de utilização do Programa de Inteligência Artificial (PIA).

Analogia entre a evolução das teorias cognitivas e da linguagem de computação:

A teoria cognitiva de David Ausubel tornou a “estrutura cognitiva (do aprendiz)” um objeto de estudo central dentro das pesquisas realizadas na área [Moreira (1983a)]. Desde a época de Ausubel, os pesquisadores têm mantido uma preocupação especial com a inter-relação entre os conceitos e como estão hierarquizadas essas inter-relações no interior da mente humana [Posner *et al.* (1982)]. Foram então desenvolvidas várias formas de representação da estrutura cognitiva, dentre as quais, pode-se destacar as árvores conceituais [Preece (1976)], os mapas conceituais [Taber (1994)] e proposições conceituais [Moreira (1983b)], bem como formas de se medir a inter-relação entre os conceitos, como os testes de associação [Preece (1976)] e análise multidimensional [Rosa *et al.* (1993)]: Tais métodos são capazes de gerar uma representação gráfica instantânea que, se não é absolutamente fiel à real estrutura cognitiva de um indivíduo num instante de tempo, pelo menos tem alguma semelhança com ela.

Desde a década de 80, os pesquisadores da área passaram a se preocupar não somente como os conceitos estão hierarquizados na estrutura cognitiva do aprendiz, mas também em como essa hierarquia muda em função da educação e em função do próprio cotidiano do indivíduo. Assim, eles passaram não apenas a investigar o como uma estrutura cognitiva se configura, mas também como ela passa de uma configuração a outra, processo esse denominado por “mudança conceitual” (*conceptual change*) [Driver (1989); Posner *et al.* (1982); Posner and Gertzog (1982); Perez e Alis (1985)]. Sendo, a aprendizagem significativa um processo onde a configuração da estrutura cognitiva passa de um estado a outro em busca de uma maior estabilidade.

A recente história do desenvolvimento das linguagens de computação comporta duas “revoluções científicas” fundamentais. Nos anos 70, a evolução da *programação estruturada* e, nos anos 80, a *programação orientada a objetos* [Takahashi e Liesenberg (1990)]. A programação orientada a objetos é um paradigma no qual a arquitetura de programação tenta se aproximar das características do pensamento humano. Tal paradigma tem feito com que o desenvolvimento das linguagens de computação busque suporte teórico em pesquisas sobre inteligência artificial e sobre as ciências cognitivas [Takahashi e Liesenberg (1990)].

Nesse contexto, um tópico de fundamental importância para os pesquisadores de linguagem de programação é a inter-relação de conceitos ou, na linguagem computacional, de objetos. Assim, o conjunto

de relações entre objetos (conceitos) forma uma estrutura chamada rede semântica, em analogia à estrutura cognitiva.

Um outro paradigma teórico em que se apoia o desenvolvimento das linguagens de computação é a interdependência entre a linguagem e o pensamento. Enquanto que as ciências cognitivas atualmente se apoiam nas idéias vygotskianas sobre o tema [Vygotsky (1993); La Taille (1992); Howe (1996)] para a elaboração de novas e mais eficientes estratégias de ensino/aprendizagem, as ciências de computação se baseiam na premissa de que a linguagem e o pensamento se moldam mutuamente [Takahashi e Liesenberg (1990); Whorf (1956)].

O espaço de conceitos:

Mas não é só no âmbito de seu desenvolvimento como ciência que a computação e ciências cognitivas mantêm uma analogia. Eles têm também que enfrentar um problema fundamental semelhante: o da questão da *representação*. Vimos que, ao passo em que a computação utiliza as redes semânticas como representação da inter-relação entre objetos, as ciências cognitivas utilizam mapas conceituais. Contudo, o verdadeiro problema está em como fazê-lo. Por exemplo, para visualizar um mapa conceitual, pode-se escrever, numa folha de papel, os nomes de alguns conceitos interligando-os com arcos [Preece (1976)]. Os arcos representariam as relações entre os conceitos. Neste caso, que critério pode ser utilizado para orientar a disposição espacial dos nomes dos conceitos na folha de papel? Baseado em que regra podemos colocar o conceito X à direita ou à esquerda do conceito Y? Quais conceitos devem ser colocados perto das margens superior e inferior da folha? A folha de papel constitui o Espaço de Conceitos (no caso, bidimensional) no qual a estrutura cognitiva está representada. As orientações esquerda/direita e cima/baixo correspondem às dimensões desse espaço.

O grande problema é que até hoje não se descobriu um critério suficientemente objetivo para a construção do espaço de conceitos. Por exemplo, quantas dimensões esse espaço deve ter? Nem sempre o espaço bidimensional constitui a melhor representação [Moreira (1983b)]. No caso de outras ciências esse problema já foi resolvido. Na Física Estatística, por exemplo, existe um critério estabelecido objetivamente embasando uma representação hexadimensional: o espaço de fase, constituído por 3 dimensões espaciais e 3 dimensões correspondentes às componentes da quantidade de movimento.

No caso das ciências de computação, existe uma proposta de configuração do espaço de conceitos baseada no estudo das operações abstratas executadas pela mente humana [Tsichritzis e Lochovsky (1982)]. Reconhece-se três tipos básicos de abstração:

1. classificação (tendo como operação inversa a instanciação);
2. generalização (especialização) e,
3. agregação (decomposição).

Tal representação constitui um espaço tridimensional cuja aplicabilidade tanto na computação quanto nas ciências cognitivas é ainda uma questão em aberto.

O fato é que a computação tem a oferecer subsídios importantes para o desenvolvimento da representação da estrutura cognitiva humana. Contudo, os pesquisadores da área ainda devem gastar muitos anos de pesquisa até delinearem de forma mais objetiva qual deve ser o melhor espaço n-dimensional para representar tal estrutura.

Após uma análise entre os dois campos de conhecimento e, utilizando de elementos que a computação pode oferecer para o desenvolvimento da representação da estrutura cognitiva humana - subsídio importante para o progresso da área - pretende-se apresentar uma proposta para a utilização do computador no ensino diante de uma perspectiva de aprendizagem significativa pelos alunos, através do desenvolvimento de um ambiente computacional "não-estático" em que os problemas da linguagem, conforme discutidos anteriormente, sejam minimizados.

Tal proposta consiste no desenvolvimento de um programa que possibilite a identificação das estratégias de elaboração do pensamento e linguagem utilizadas pelos alunos, bem como, obter informações sobre suas barreiras epistemológicas, dados estes relacionados às suas próprias estruturas cognitivas e, também, diagnosticar as mudanças conceituais ocorridas nas mesmas, durante a manipulação de um *software* educativo para assim poder subsidiar as estratégias que promoverão tais mudanças.

Descrição do Programa:

Este programa permite que o computador possa associar as palavras digitadas no teclado pelo aluno (ou mesmo verbalizadas no caso de uma máquina equipada com um sistema multimídia com processador de voz), operação esta que pode ser executada baseada em um banco de dados que contém palavras ordenadas conectadas entre si, formando o que se pode denominar de rede semântica, que serve de *interface* entre o aluno e um programa especialista qualquer.

Essa *interface* se utiliza da Inteligência Artificial (uma das bases do paradigma de objetos da computação, conforme discutido anteriormente) e de uma rede semântica como banco de dados, que servem de intermediário entre o usuário humano (o aprendiz) e o programa especialista (o *software* educacional).

Basicamente o que é necessário para a implementação de tal *interface* pode ser resumido no esquema apresentado na figura 1. especialista, bem como suas partes constituintes.

O esquema consta de 3 partes: O usuário, o programa de IA e o programa especialista, que está para ser controlado. O programa de IA consta das seguintes partes:

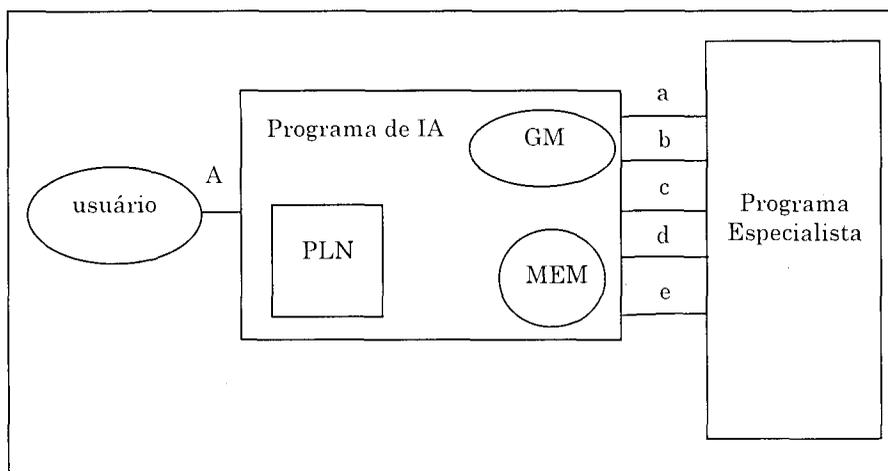


Figura 1 - Esquema representando a interface entre usuário e programa

I) Processador de Linguagem Natural (PLN) - reconhece termos coloquiais da língua portuguesa e/ou é capaz de "aprender" termos novos, de acordo com as necessidades do usuário (quando o usuário utiliza um termo que não consta da memória do programa de IA, este imediatamente pergunta o significado desse termo, incluindo-o em seu arquivo-memória). Para a esta *interface*, foi utilizado uma versão modificada do PLN proposto por H. Schildt [Schildt (1989)], escrito em linguagem C, mas adaptado à língua portuguesa;

II) Memória (MEM) - contém as informações reconhecidas pelo programa. Consiste num arquivo contendo palavras posicionadas em ordem alfabética. Cada linha da memória tem a seguinte estrutura:

Número da linha - Palavra - Tipo - Apontadores

Onde:

- **Número de linha** - indica simplesmente a posição da palavra na memória.
- **Palavra** - qualquer termo da língua portuguesa que foi anteriormente introduzida na memória.
- **Tipo** - classificação gramatical da palavra. Para que o PLN reconheça o significado de uma frase, é necessário que ele tenha informações quanto à classe gramatical das palavras. Isso permite que ele desconsidere, por exemplo, os artigos e preposições cujo descarte não implica em perda de significado da frase.
- **Apontadores** - números das linhas das palavras sinônimas ou que têm alguma correlação com a palavra em questão. Os apontadores permitem que sejam interligadas as palavras que têm algum significado comum, pode-se dizer que uma palavra "aponta" para a outra. As palavras interligadas entre si

formam uma espécie de "rede de palavras" (rede semântica) grosseiramente análoga à rede de sinapses entre os neurônios do cérebro humano. Quanto maior o número de apontadores (sinapses) saindo de cada palavra, melhor deve ser a "inteligência" do programa de IA.

Quando o programa recebe uma mensagem do usuário, o PLN passa a procurar pela palavra em sua memória. Se ele a encontra, busca os seus significados (palavras apontadas). Se algum desses significados representar um comando executável, então o PLN pode ordenar ao computador, ou ao dispositivo acoplado, a realização de alguma tarefa. Se a palavra não fizer parte de seu arquivo-memória, o programa lhe perguntará o seu significado, introduzindo as palavras desconhecidas em seu arquivo-memória (ele "aprende" também) e as conecta com uma outra palavra já incluída anteriormente. Dessa forma, o aluno pode "dialogar" com o programa especialista utilizando sua própria linguagem e seus próprios conhecimentos.

III) Gerenciador da Memória (GM) - executa as operações-padrão de modificação e manutenção da memória. Basicamente ele é capaz de ler o arquivo-memória que deve estar gravado num disco rígido ou disquete, transferindo-o para a memória RAM, incluir novas palavras na memória e reordenar suas linhas em ordem alfabética. É responsável também pela busca de uma palavra na mesma e pela sua regravação no disquete ou disco rígido.

Voltando à Figura 1, temos a interligação "A" entre o usuário e o programa de IA, que pode ser o teclado ou um microfone, e as interligações ("a", "b", "c", "d", "e", etc.) entre o programa de IA e o programa especialista. Essas últimas interligações são os comandos básicos que são compreendidos pelo programa especialista.

A primeira versão da interface já se encontra pronta, é escrita na linguagem C++ e se chama PIAGEF (*Programa de Inteligência Artificial do Grupo de Ensino de Física*). PIAGEF admite um banco de dados de até 10.000 termos ou conceitos. PIAGEF permite que no total, cada palavra possa apontar para 20 outras.

De acordo com o banco de dados, a representação semântica de PIAGEF é feita num espaço de uma dimensão (o estudo da performance de PIAGEF utilizando representações de mais de uma dimensão será feita a posteriori, após o aperfeiçoamento do programa configurado unidimensionalmente). Essencialmente a ligação entre as palavras nesta primeira versão é do tipo "é um(a)". Isso significa que o programa não estabelece ligações de diferentes naturezas entre as palavras (característica da representação unidimensional). Uma palavra ligada a outra, para PIAGEF, significa que elas devem ter algum tipo de vínculo. Isso é suficiente para essa primeira versão do programa, pois o que se pretende, por ora, é fazer com que a linguagem própria de cada aprendiz possa acionar comandos específicos do programa especialista, ou seja, que o aprendiz possa "conversar" com tal programa.

Estratégia para utilização do Programa:

Atualmente o trabalho está direcionado para a confecção de dois programas especialistas (*softwares* de desenho e de circuitos elétricos), que serão conectados a PIAGEF de forma a tornar possível ao usuário interagir com situações problemas propostos, a partir de sua própria linguagem, os quais envolvam concepções espontâneas e alternativas já pesquisadas.

Após o término da confecção do programa especialista de desenho e a sua conexão com PIAGEF, o conjunto dos programas será testado, aplicando-o individualmente a estudantes entre 8 e 18 anos (segunda série do nível fundamental ao terceiro ano do nível médio) de uma mesma escola (para assegurar condições semelhantes). Será analisado o quão eficazmente os estudantes construirão figuras complexas, utilizando de sua própria linguagem, em função da idade. Não se delimitou uma faixa etária específica por não possuir dados objetivos com relação à idade mais indicada para a realização desse trabalho. Se por um lado crianças jovens possuem menor grau de abstração, elas possuem um maior grau de interesse, em média, em desenhar. Assim, aplicar-se-á os programas a uma amostra pequena de cada faixa etária (três alunos com 8 anos, três com 9 anos, etc.), identificando assim em que faixa etária a interação entre aluno e programa especialista foi mais efetiva. A seguir, será feita a escolha aleatória de uma amostra maior constituída por alunos (aproximadamente 20), que se encontram na faixa etária identificada anteriormente.

A verificação do desempenho desses estudantes em desenhar servirá para testar e aperfeiçoar o *software* PIAGEF.

Durante a testagem de PIAGEF, será dada uma atenção especial às mudanças ocorridas no banco de dados desse programa. Conforme o aprendiz utiliza PIAGEF, o seu banco de dados vai se modificando com a inclusão de termos que são próprios da linguagem do mesmo. Assim sendo, através da análise das diferenças do banco de dados antes e depois da utilização do *software*, é possível identificar as estratégias utilizadas pelos alunos, bem como obter informações sobre suas barreiras epistemológicas, em função de suas concepções espontâneas e alternativas, dados estes relacionados às suas próprias estruturas cognitivas; bem como, diagnosticar as mudanças conceituais ocorridas nas estruturas cognitivas dos alunos durante a manipulação deste *software* educativo; e subsidiar as estratégias que promoverão as mudanças conceituais.

Após a testagem e aperfeiçoamento do PIAGEF com o programa especialista de desenho, o mesmo será conectado ao programa especialista de circuitos elétricos, os quais envolverão concepções espontâneas e alternativas bastante pesquisadas pelos autores da área [Rinaldi e Ure (1994); Closset (1983); Viennot (1985); Nussbaum (1979)].

Neste trabalho espera-se constatar a ocorrência de aprendizagem significativa durante a manipulação do PIAGEF juntamente com o *software* de desenho e, também diagnosticar as mudanças conceituais nas estruturas cognitivas dos alunos durante sua ocorrência através da manipulação do PIAGEF em conjunto com o *software* de circuitos elétricos.

Sabe-se que o sucesso do aluno não depende exclusivamente de suas concepções, mas também da interação do aluno com o programa de computador. O aluno pode ter os conceitos formados, mas simplesmente não conseguir manipular de forma eficiente o programa. Portanto, é na avaliação do quanto o programa será efetivo no processo da utilização dos seus próprios conhecimentos na resolução de uma situação-problema, que se baseiam os objetivos deste trabalho.

Destaca-se a importância do PIAGEF, por permitir a detecção da mudança conceitual durante a sua ocorrência, já que é possível registrar momento exato em que um novo termo é introduzido no banco de dados. Isso representa uma vantagem com relação a outros métodos comumente utilizados para se detectar a mudança conceitual (como testes de associação e obtenção de árvores conceituais), os quais são aplicados antes e depois do emprego de uma dada metodologia de ensino, ou seja, em momentos descontínuos do processo de construção do conhecimento pelo aluno.

Acreditando ser o computador um instrumento de ensino auxiliar no processo de construção de conhecimento dos alunos, o envolvimento dos professores tornar-se-á importante durante o processo de validação desta *interface*, pois, este *software* só será eficaz e atingirá os objetivos uma vez que tais profissionais se sentirem familiarizados com o mesmo.

Com os resultados obtidos neste trabalho, espera-se efetivamente contribuir não somente com o desenvolvimento de melhores softwares para o ensino da física, como também no aperfeiçoamento de diagnósticos mais objetivos e eficientes para a análise da mudança conceitual da estrutura cognitiva humana.

Referências

- CLOSSET, J.L. "Sequential reasoning in electricity" - *La Londe les Maures*, jun/july - France, 1983. pp.312-319.
- COSTA, A.M. e PAULO. S.R.. "Performance de um programa de inteligência artificial baseado em rede semântica e suas possíveis aplicações no ensino de física". Segunda Reunião Especial da SBPC, Cuiabá-MT, Livro de Resumos, 1995. p.232.
- DRIVER, R.. "Students' conceptions and the learning of science" - *International Journal of Science Education*, Vol.11, 1989. pp.481-490.
- HOWE, A.C. "Development of Science Concepts within a Vygotskian Framework". *Science Education*, Vol.80, N.1, 1996. pp.35-51.

- LA TAILLE, Y. de. (org.). "Piaget, Vygotsky, Wallon: Teorias psicogenéticas em discussão". São Paulo, Summus, 1992.
- MOREIRA, M.A.. "Ensino e Aprendizagem - Enfoques Teóricos". São Paulo, Moraes, 3ª edição, 1983a.
- MOREIRA, M.A.. "Uma abordagem cognitivista ao ensino de física". Porto Alegre, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1983b.
- NUSSBAUM, J.. "Children's conceptions of the Earth as a cosmic body: A cross age study". *Science Education*, Vol. 63, N. 1, 1979. pp. 83-93.
- PEREZ, D.G. and ALIS. J.C.. "Science learning as a conceptual and methodological change". *European Journal of Science Education*, Vol.7, N.3, 1985. pp. 231-236.
- POSNER, G.J. and GERTZOG. W.A.. "The Clinical Interview and the Measurement of Conceptual Change". *Science Education*, Vol.66, N.2, 1982. pp.195-209.
- POSNER, G.J., STRIKE. K.A., HEWSON. P.W. and GERTZOG. W.A.. "Accommodation of a Scientific Conception: Towar a Theory of Conceptual Change". *Science Education*, Vol.66, N. 2, 1982. pp.211-227.
- PREECE, P.F.W.. "Mapping Cognitive Structure: A Comparison of Methods". *Journal of Education Psychology*, Vol.68, N. 1, 1976. pp.1-8.
- RINALDI, C. e URE, M. C. D.. "Concepções de adultos não influenciados pelo ensino formal sobre eletricidade". *Rev. de Educ. Pública*, Ed. da UFMT, Cuiabá, Vol. 3, N. 3, Junho. 1994. pp. 145-161.
- ROSA, M. A. Moreira e B. Buchweitz. "Alunos bons solucionadores de problemas de física: Caracterização a partir da análise de testes de associação de conceitos". *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Vol. 15, Nos. 1-4, 1993. pp. 52-60.
- SANTOS, A.C.K.. "Modelamento computacional através do sistema de modelamento celular (CMS)". *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 7, N. 1, 1990.
- SANTOS, A.C.K.. "Desenvolvimento e uso de ferramentas computacionais para o aprendizado exploratório de Ciências". *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 10, N. 2, 1993.
- SCHILDT, H. "Inteligência artificial utilizando linguagem C". McGraw-Hill Books do Brasil, 1989.
- TABER, K.S.. "Student reaction on being introduced to concept mapping". *Physics Education*, Vol.29, 1994. pp.276-281.
- TAKAHASHI, T. e LIESENBERG. H.K.E.. "Programação Orientada a Objetos". IME-USP. 1990.
- TERINI, R.A. et al.. "Utilização de Métodos computacionais no Ensino: a experiência Geiger e Marsden do espalhamento de partículas

- Alfa", *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 11, N. 1, 1994.
- TSICHRITZIS, D.C. e LOCHOVSKY. F.H.. "Data Models". Prentice-Hall, 1982.
- VIENNOT, L.. "Analyzing students' reasoning: Tendencies in interpretation". *Americal Journal of Physics*, Vol.53, N..5, 1985. pp.432-436.
- VYGOTSKY, L.S.. "Pensamento e linguagem". Ed. Martins Fontes, 1993.
- WHORF, B.. "Language, Thought and Reality". MIT Press, 1956.

UTILIZANDO O MICROCOMPUTADOR PARA ANÁLISE DE DADOS

Márcio Vinicius Corrallo (*corrallo@if.usp.br*)
Armando Massao Tagiku (*amtagiku@if.usp.br*)
Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP
Cx. Postal 66318, CEP 05315-970

Introdução

O laboratório de Física, normalmente, é apresentado ao aluno de 2º grau através de um experimento. Este, por sua vez, gera um conjunto de dados onde se visa a obtenção de gráficos e, *a posteriori*, sua análise. Muitas vezes o professor se prende a esta construção tornando o processo extremamente prejudicado, ora pela exaustão, ora pelo ajuste de escala, fazendo com que o objetivo principal - análise e compreensão do fenômeno - não ocorra. Algumas escolas já utilizam o computador para fazer o monitoramento das experiências e assim, o controle do processo, cabendo aos alunos apenas a representação dos fatos. Situação como essa requer placas, acessórios e programas que façam esta interface, muitas vezes ultrapassando as possibilidades da escola.

Pretendemos aqui, apresentar uma sugestão mediadora aos casos acima mencionados. E sem dúvida, uma solução viável as escolas que dispõem de um pequeno laboratório de informática.

Descrição

Esta sugestão se baseia na utilização do computador como uma ferramenta para o ensino de Física, visando a análise de dados de experiências Físicas. Segundo Valente¹ (1993), o computador assume um papel de instrumento no qual o aluno desenvolve sua tarefa por intermédio do equipamento. Ultrapassam os limites de máquina de ensinar e tornando-se um agente auxiliador no processo da construção do aprendizado.

Durante um ano, desenvolvemos um projeto de intercâmbio entre as áreas de informática e física na escola Mater et Magistra situada em São Paulo. O projeto consistiu na obtenção de dados em experiências realizadas no laboratório de Física, e em seguida, transferidos para o computador. Foram utilizados os seguintes programas, *Mathcad 2.5* para Dos (programa desenvolvido para área científica) e o *Microsoft Excel 5.0* (planilha eletrônica).

Para exemplificar, podemos destacar uma experiência, a qual descreveremos a seguir :

Esta consistiu em fornecer uma breve noção do método científico, e para isso, usamos o fenômeno da refração.

Com uma cuba retangular transparente com água, os alunos traçaram retas sobre um folha de papel, alinhando os traços (fixos) com

os observados na outra extremidade. (fig. 1) Em seguida, determinaram os valores de i e r .

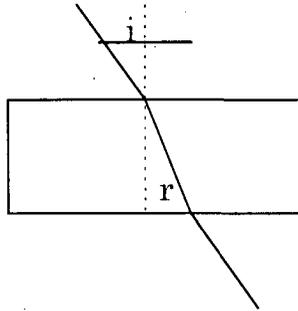


figura 1: Montagem experimental

Os dados foram transferidos para o *software Microsoft Excel 5.0*, obtendo os valores apresentados na tabela 1(em anexo). A plotagem do gráfico, mostra que a função pode ser considerada linear, sendo exatamente esta conclusão que nossos alunos chegaram.

Com isso, pudemos discutir os caminhos do método científico, ou seja a possibilidade de resultados aparentemente verdadeiros, mostrando assim, que a ciência é sem dúvida um processo dinâmico.

Já na tabela 2 (em anexo), mostramos os cálculos dos valores de $\text{sen } i$ e $\text{sen } r$, utilizando a Lei de Snell-Descartes. Sem dúvida a razão i/r é tão boa quanto $\text{sen } i/\text{sen } r$, ou seja o índice de refração da água.

Este é apenas um dos inúmeros experimentos que podemos realizar e tiramos conclusões a partir de gráficos e tabelas sistematizadas com o auxílio de uma ferramenta como o computador.

Conclusão

Este trabalho sugere uma possível aplicação do computador como ferramenta para os cursos de Física. Tornando o trabalho de análise de dados mais rápido e eficiente. Uma outra possibilidade é o fato de ser uma alternativa viável e de simples implantação em escolas que disponham de poucos computadores.

O uso do computador na escola deve ser considerado *não* mais como uma tentativa de melhorar o ensino, mas uma necessidade de encarar com coragem o propósito de inserir o aluno nesse admirável mundo novo da era da informática.

Por fim, observamos que com a utilização do programa *Microsoft Excel* as aulas e discussões se tornaram mais dinâmicas, sendo assim mais viável ao projeto proposto. Acreditamos que isto se deve ao fato deste programa ser conhecido por muitos dos alunos que participaram do projeto, pois é um *software* popular e presente nos micros pessoais. Em contrapartida, o programa *Mathcad* tornou o trabalho um pouco mais lento em virtude dos alunos não conhecerem esta ferramenta, já que, geralmente, é utilizada em instituições de pesquisa / ensino.

Referências Bibliográficas

1. ROGERS, L.T., The computer-assisted laboratory, **Physics Education**, 22, 1987.
2. TAYLOR, E., Comparison of different uses of computers in teaching physics, **Physics Educations**, 22, 1987.
3. THORNTON, R. K., Tools for scientific thinking-microcomputer-based laboratories for physics teaching, **Physics Education**, 22, 1987.
4. VALENTE, J. A., **Computadores e conhecimento: repensando a educação**, Campinas, Gráfica Central da Unicamp, 1993.

Anexo

Gráficos e tabelas construídas em sala de aula com o auxílio do software *Microsoft Excel 5.0*.

Tabela 1

incidência - i	refração - r	i/r
5	4	1,3
10	7	1,4
15	10	1,5
20	15	1,3
25	18	1,4
30	21	1,4
35	25	1,4
40	28	1,4
45	31	1,5
50	34	1,5

tabela 2

seni	senr	seni/senr
0,1	0,1	1,2
0,2	0,1	1,4
0,3	0,2	1,5
0,3	0,3	1,3
0,4	0,3	1,4
0,5	0,4	1,4
0,6	0,4	1,4
0,6	0,5	1,4
0,7	0,5	1,4
0,8	0,6	1,4

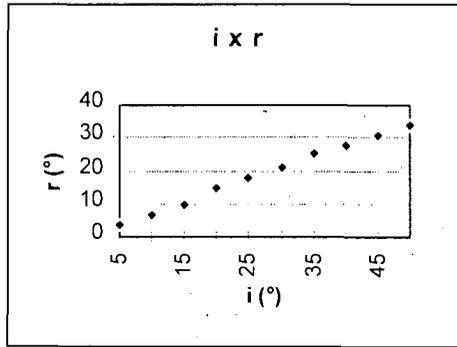


Gráfico 1

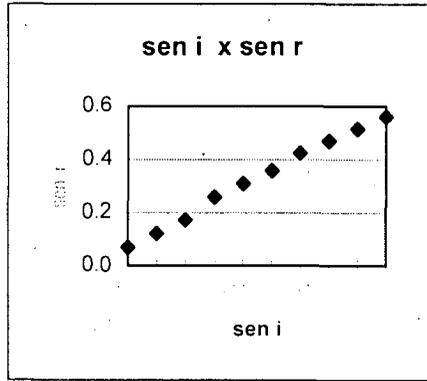


Gráfico 2

INFORMÁTICA E ENSINO: VISÃO CRÍTICA DOS *SOFTWARES* EDUCATIVOS E DISCUSSÃO SOBRE AS BASES PEDAGÓGICAS ADEQUADAS PARA O SEU DESENVOLVIMENTO.

Dirceu da Silva¹ (dirceu@turing.unicamp.br)
Paulo Sérgio Marchelli² (pmarchel@server.smarcos.br)
1 - FE/UNICAMP
2- Universidade São Marcos

“É que Narciso acha feio o que não é espelho.”
Caetano Veloso, Sampa.

Introdução

“O ministro Paulo Renato Souza (Educação) anunciou ontem um programa de informática que pretende levar computadores a um terço das 23 mil escolas que têm o 1º e o 2º graus em conjunto. O programa tem um gasto previsto de R\$ 220 milhões para os computadores e mais R\$ 250 para treinamento de professores. O orçamento do próximo ano prevê apenas R\$ 170 milhões. O ministro espera obter o restante dos recursos com contrapartidas dos Estados, empréstimo do BIRD (Banco Mundial) e empréstimo do Banco do Brasil, como adiantamento de recursos de 1998” (Folha de São Paulo, 12/10/96).

Hoje começado a constatar um fenômeno que se alastra por toda a nossa escola, quer seja ela particular ou pública: a Informática. Haja visto as intenções do Ministro da Educação, expressas acima, em uma notícia de um importante jornal paulista.

Estamos, por assim dizer, *“perdendo o bonde da história”*: se temos resistências às novas tecnologias por serem novas e pouco conhecidas, o que parece conceitualmente adequado e sustentável, estamos alheios ao processo e não temos respostas para dar ao movimento que se impõe. Quer queiramos ou não, mais cedo ou mais tarde, por imposição de cima para baixo ou por necessidade, os computadores irão começar a permear a escola e esse intuito parece ser mais rápido do que planejamos. Tal como acontece hoje em alguns países como o Japão e Israel, onde não se pensa em educação sem o uso de computadores, nos mais diversos níveis, sendo este último o maior produtor de *softwares* e *hardwares* para uso em programas de ensino de “alta tecnologia”, principalmente para os cursos de engenharia e tecnologia.

Estamos *“entre o rochedo e o mar”*, pois as escolas querem os computadores e não temos dúvidas que essas máquinas cativam os alunos e muitos professores e por outro lado queremos um uso responsável e com potencialidades pedagógicas verdadeiras; não apenas máquinas com programas divertidos e agradáveis. Está na hora de buscarmos dar respostas a tudo isto. E não é sem intenções e propósitos

que conceituados simpósios internacionais, como o GIREP, optaram por este tema neste ano²⁹.

Não desconsiderando as políticas públicas e problemas correlatos, pretendemos levantar a problemática existente hoje em dia a respeito dos *softwares* educativos, pois estes programas são aqueles que determinam as possibilidades de uso das máquinas.

Buscaremos apresentar um conjunto de considerações e elementos teóricos que visam sustentar um *design* de um software. O que constitui-se novidade para os fabricantes desses programas.

Pretendemos também, expor em linhas ainda gerais e a título de exemplo, um primeiro esboço do “desenho” de um software fundamentado em concepções cognitivistas.

Alguns *softwares* “educativos”

Conhecemos um número razoável de programas que pretendem ser educativos; alguns chegam a trazer nas suas caixas os dizeres: *software* construtivista. Tais programas podem ser classificados em dois grupos genéricos: aqueles mais abertos, onde se pode criar um ambiente segundo um número de variáveis limitadas, que combinadas produzem um número elevado de possibilidades para a interação sujeito-programa. E outro grupo, que apresenta atividades definidas que são oferecidas ao sujeito que interage com o programa.

Estes dois grupos de programas, principalmente os feitos na atualidade, são produzidos em ambientes amigáveis e lúdicos, muito coloridos e com recursos de multimídia, tais como animação, sons diversos e uma concepção de se ter uma estória como base das atividades em maior ou menor grau de recursos em função da faixa etária a que se destinam.

Poderíamos exemplificar o primeiro grupo com os programas: Interactive Physics, Mathematica, Sherlock, Óptica, Matchmaster, KidPics, etc.

Já para o segundo grupo: Bruxas, Viagem matemática do Bit-bot, Criar e Montar Cidade, Atlas Universal, Encarta, My First Incredible Amazing Dictionary, Periodic Table, Orbits, Tales, etc.

Há ainda, programas aplicativos que são usados como ferramentas para um tipo de ensino: usa-se o Coreldraw, Photoshop e Pagemaker nas aulas de Artes, o Winword nas aulas de línguas, redação ou para confecção de textos e relatórios. O Excel para as aulas experimentais, onde se necessita coletar coleções de dados para tratamento matemático etc.

Tais programas apresentam ambientes “agradáveis” em maior ou menor grau de sofisticação de recursos gráficos e sonoros de multimídia.

²⁹ Pode-se consultar mais informações na internet, no site: <http://www.pef.unilj.si/~girep/>

Alguns desses programas efetivamente não foram desenvolvidos apenas para o trabalho em cursos, mas são vendidos ou anunciados como “educativos” ou “pedagógicos”³⁰, o que faz convergir as atenções de educadores para os mesmos. Sabe-se, e é fácil constatar, que algumas escolas privadas, os têm para uso dos seus alunos e para aulas nos seus laboratórios de informática. Alguns professores, muito criativos, desenvolvem estratégias para adequar suas aulas aos mesmos, como substituto da lousa, giz, livros, aparatos experimentais, mapas, documentos etc.; alguns chegam a criar situações problematizadoras muito interessantes e outros os usam apenas como ilustração ou demonstração. Outros ainda, usam os *softwares* pelos próprios recursos que eles oferecem, como se prescindissem da presença e do acompanhamento dos professores.

Mas de qualquer forma há uma grande demanda no mercado por novos programas, o que está determinando um crescimento em progressão geométrica da produção de *softwares* educativos.

Alunos normalmente gostam destas aulas por vários motivos: a mítica que o computador exerce, a possibilidade de ter-se uma aula em outro ambiente pedagógico, a possibilidade de interação com os seus colegas, a beleza gráfica e plástica que alguns programas oferecem, a possibilidade de usar ferramentas computacionais que permitem recursos diferentes dos tradicionais, a obtenção de resultados mais imediatos do trabalho, o *status quo* de primeiro mundo que as novas tecnologias carregam etc.

Pesquisadores e estudiosos mais críticos da área, colocam-se como se tivéssemos os recursos mais ainda sem saber usá-los. O que é verdade em grande parte, pois não fomos nós que desenvolvemos todas as “parafernálias” eletrônicas, não fomos nós que desenvolvemos o *marketing* “pesado” que envolve esses produtos e talvez nem saberíamos fazê-los!

Não obstante, temos encontrado na mídia escrita vários artigos pequenos sobre o uso do computador na escola, que mostram quanto é difícil usar os computadores ou ainda que muitas escolas particulares tem salas de informática, mas pouco interesse dos docentes em usá-las (Fiume e Albuquerque, 1996). Ou ainda, artigos que apontam qualidades da máquina e dos programas e oferecem-nos, como um instrumento poderoso (Grunkraut, 1996), mas sem, é claro, dizer como deve-se usá-los; parece que a máquina por si só pode representar um avanço para a educação. Mesmo na mídia internacional há diversos artigos falando da necessidade de uso dos computadores, de forma às vezes até exagerada (Le Figaro, 01/01/97, p. 14), onde a informática passa, segundo o artigo citado, a ocupar o lugar central da educação, caso contrário os países terão um futuro incerto.

³⁰ Vide catálogos de revendedores de softwares, por exemplo: BUGZZ Journal do revendedor “Plug Use” ou na internet: <http://www.pluguse.com.br>

Ainda, são muito pouco conclusivos os estudos que se propõe a analisar o desempenho dos *softwares* educacionais, apesar da seriedade e visão teórica-estrutural que estes contém (Senna, 1995 e Silva, 1995), devido serem estes fatos novos gerados fora do ambiente escolar e que estão chegando sem qualquer “aviso prévio”.

A discussão das bases

As considerações acima mostram que as demandas por *softwares* educativos de boa qualidades são uma realidade para fazer frente ao uso das novas tecnologias educacionais. O ponto central consiste em se discutir o que significa “boa qualidade” neste caso. É consenso, que os *softwares* educacionais mais comumente utilizados hoje, que apontamos acima, não possuem essa propriedade em grau desejado. Obviamente, apontamos alguns programas que não são educativos, a não ser em si mesmos, pois foram desenvolvidos para atingir-se determinados produtos finais.

O primeiro grande problema que constatamos ao analisar alguns deste programas está na base das suas concepções teóricas: eles buscam ser autônomos e descartar ou desconsiderar a figura e o papel do professor. Grande erro; tal idéia tem por fundamento o ensino programático, onde as informações padronizadas e “pasteurizadas” por si só promovem o ensino de qualquer conteúdo independente das condições específicas da realidade educacional de uma escola. Dito de outra forma, esses programas mais se parecem com jogos lúdicos ou pelo menos tem muito em comum com a lógica do entretenimento, do que com as necessidades pedagógicas e operacionais dos processos de aprendizagem.

Seria muito interessante e desejável, que um *software* promovesse a aprendizagem em níveis mais específicos do que até então, em geral, se propõe.

Os modelos pedagógicos existentes em *softwares* educativos poderiam conter estruturas bem mais elaboradas, no que diz respeito aos processos pelo quais o sujeito desenvolve a sua aprendizagem ou constrói o conhecimento.

O que importa em um sistema de informática são os procedimentos conceituais impostos pelo analista aos processos que se pretendem “automatizar”. Não se trata de se impor a idéia de que a aprendizagem possa ser concebida em termos de princípios de automação, mas os *softwares* devem ser pensados segundo uma teoria sobre como o sujeito aprende aqueles conteúdos de ensino que ele está aprendendo pelo computador, sendo este um auxiliar do processo e não o centro de tudo. De fato, se pensarmos em educação, não podemos esquecer a figura e o papel do professor, como desencadeador e construtor de uma prática mais específica e qualificada, que atenda as necessidades dos seus alunos.

Existem hoje teorias bastantes elaboradas sobre como se dá a aprendizagem de conceitos importantes, do desenvolvimento cognitivo e

dos conteúdos das matérias escolares. As teorias de aprendizagem associadas a importantes estudiosos deste século, como Jean Piaget, Vygotski, Wallon, Kelly, etc. Devem estar na base das concepções dos *softwares* educativos, não apenas sobre o ponto de vistas da interatividade que este permite, independente da sua qualidade pedagógica, mas apenas, por forças das suas propriedades computacionais, isto é, dadas pelo computador (gráficas, multimídia, sons, animações etc.). Em geral lê-se nos manuais que o fato de uma programa possuir sons e animações já é piagetiano!

O que, por exemplo, a teoria piagetiana nos mostra de essencial para entender o desenvolvimento cognitivo é como se dá o processo de construção do número, das conservações operatórias, da evolução do conceitos associados ao tempo e espaço e às quantidades físicas, etc. Só que as teorias que explicam esse processos não são genéricas e inconsistentes.

Não dá para sustentar a idéia em um *software*, que o sujeito desenvolve o número quando faz associações um a um em um ambiente multimídia, dentro de um jogo que conta pontos, quando ele acerta a associação. Este fenômeno de aprendizagem é muito mais complexo. Piaget mostrou que o número é adquirido dentro de um período longo de maturação de conceitos e noções de classes lógicas, relações assimétricas, conservações de quantidade, estruturas de adição e multiplicação lógicas, etc. (Piaget, Inhelder & Szeminska, 1975). Ora, um *software* que pretenda auxiliar a criança a desenvolver o número, deve conter uma estrutura que estabeleça atividades interrelacionadas, procurando apresentar situações que explorem todos estes aspectos. O problema está em o analista do programa, que é aquele que o projetou e concebeu, saber da base teórica explicativa, quando é que um erro ocorrido em um certo contexto de solução de um problema dado, remete ao um outro conceito associado àquela aprendizagem que se está processando. Noutras palavras, que o programa identifique o erro e o qualifique, não de forma simplista, tal como uma mensagem de estímulo a continuar o jogo ou como uma mensagem de alerta do tipo: "*tente outra vez amiguinho*", mas que inicie uma nova subrotina, que apresente outra situação necessária ou auxiliar para preencher uma lacuna no conhecimento do aluno ou para construir um conhecimento mais básico ou paralelo.

Nossa idéia é que o *software* seja concebido em se valorizando os erros cometidos pelo aluno. Valorização construtivista, evidentemente! A árvore algorítmica da base computacional do sistema deve estar pautada nos princípios norteados da cognição do aluno. Assim, pela teoria piagetiana, sabemos que a impossibilidade, por exemplo, da criança operar a cardinalidade do número, é porque ela não é conversativa em termos de quantidade. Assim, o erro que a criança comete quando faz, pelo *softwares* ou dentro dele, atividades de numeração que envolva as quantidades que o número representa (cardinalidade), deve levar aos ramos da árvore algorítmica que apresentem à criança atividades

associadas às quantificações não numéricas, baseadas em equivalência, associações um a um, classificações etc.

No caso do ensino de ciências, temos uma base teórica razoavelmente grande de processos operatórios estudados por Piaget e colaboradores. Temos as sínteses de conservação (massa, peso e volume), de quantidade físicas (tempo e espaço) e as sínteses de formalização das relações estabelecidas por diversas leis e teorias básicas da Física, tais como: a lei de reflexão, a proporcionalidade do equilíbrio da balança, das alavancas, da inércia, da velocidade, flutuação do corpos, etc. (Piaget e Inhelder, 1974 e Piaget e Garcia, 1987). Na obra piagetiana a respeito desta sínteses operatórias aparece uma descrição estrutural das etapas e elaborações das aquisições, bem como dos mecanismos cognitivos que permitem a passagem de uma etapa à outra, que o analista do software deve conhecer, entre outras tantas teorias, para propor o seu CD-ROM ou *site* na *internet* que facilite e colabore com o ensino e aprendizagem no ambiente escolar.

Estamos hoje discutindo as bases teóricas e programando um conjunto de *softwares* para o ensino de ciências a partir das explicações de Piaget sobre a aquisição do conhecimento e dos conteúdos abordados. Estamos iniciando um conjunto de pesquisas fundamentais para o desenvolvimento que nos propomos, apesar das dificuldades inerentes que a pesquisa básica enfrenta tanto a nível estrutural-teórica, como ao nível do suporte de financiamento da mesma.

Resumindo: um *software* que busque ser construtivista ou que auxilie um curso dentro de um paradigma mais cognitivista, deve ter na sua arquitetura computacional a possibilidade de qualificação do erro do aluno. No sentido dado por Gaston Bachelard: não há verdade sem erro, não se podendo considerar este apenas como um acidente de percurso, mas sim como uma etapa necessária para o próprio avanço do conhecimento (“*O erro de hoje foi a verdade de ontem, assim como, a verdade de hoje será o erro de amanhã*”) (Bachelard, apud Santos, 1991). Assim, o erro deve deixar de ser punido, mas servir como fonte desencadeadora de novos processos, apontando, sobretudo para o professor os possíveis caminhos pelos quais o aluno está elaborando o seu conhecimento.

Ainda, fora das teorias de aprendizagem, há um conjunto enorme de estudos e pesquisas sobre os conceitos espontâneos (Driver, Guesne e Tiberghien, 1989 e Santos, 1991), que hoje constituem as sínteses mais bem fundamentadas na área de ensino de ciências (Gil Pérez, 1993). Tais estudos podem fornecer a estrutura da Ciência do senso comum, que muito bem poderia ser usada para a construção de questionários, onde o aluno ao escolher um tipo de resposta, deveria ter um *feed-back* do programa, com novos problemas para na tentativa de buscar-se superar dificuldades mais básicas e assim, caminhar para o interior do programa de ensino.

Por exemplo, se tentamos ensinar óptica geométrica com um sistema computacional, poderia-se ter um conjunto de perguntas iniciais para explorar os modelos de visão que os alunos têm. Essas perguntas poderiam ser testes de múltipla escolha, onde cada resposta correspondesse a um modelo que é muito frequentemente observado em respostas de sujeitos, de diversas idades:

Qual é o caminho que a luz deve fazer entre uma fonte de luz, uma lâmpada acesa, por exemplo, um objeto sobre uma mesa e os olhos de um observador para que este possa enxergar o objeto?

- a) A luz ilumina a sala toda e isto é suficiente para que o observador veja o objeto.
- b) A luz deve iluminar a sala toda, refletir no olho do observador e ir para o objeto para que, o observador, possa enxergar.
- c) A luz ilumina a sala toda, e a visão sai do olho do observador e busca o objeto.
- d) A luz ilumina a sala toda, reflete no objeto e entra no olho do observador.
- e) etc. etc.

Cada alternativa, corresponde a um modelo de visão observado pelas pesquisas de conceitos espontâneos. Porém como os modelos são muito resistentes à mudança e os alunos conseguem elaborações muito interessantes para justificá-los, é necessário a construção de um programa de estudos, com novos desafios e novos problemas para fazer com que o aluno possa ter as suas concepções desequilibradas.

Tal sistema não é simples e imediato de ser feito e demanda pesquisas adicionais que possam clarear as nossas concepções sobre como os alunos aprendem um determinado conceito e sobre tudo quais são as elaborações que estes realizam para percorrer os meandros do conhecimento, pois hoje se as idéias prévias dos alunos são muito bem documentadas e apresentadas em diversas publicações, chegando a constituir um conhecimento bem estruturado, mas nada ou quase nada se conhece sobre a evolução temporal dessas idéias em situações de ensino. Muito menos se tem um modelo sobre esses processos.

Além disso um *softwares* que se propõem ser educativo deve permitir a análise e controle do professor, isto é, deve funcionar em ambiente de rede e ser gerenciado por um sistema que permita que o professor monitore as atividades do aluno.

Poderia-se também conceber um ambiente em que o aluno, em determinado momento, digita a sua resposta e o professor a receberia no seu servidor. Não seria também difícil ter-se em conjunto com as respostas escritas, que representariam os momentos de síntese dos alunos, dados sobre o caminho que os alunos seguiram, ao percorrerem o *hiper-texto* do *software*, para chegar às suas conclusões. Teria-se um banco de dados analítico sobre cada aula dada, com possibilidades reais de servir para avaliar os processos dos alunos e não apenas os produtos

finais de um período de trabalho, como é o caso das malfadadas provas, que conseguem, quando conseguem, fazer medidas pontuais da aprendizagem dos alunos.

A guisa de conclusões e de comentários

Discutimos um cenário um tanto quanto sombrio sobre o “estado da arte” que nos encontramos, tentando acrescentar novos elementos que possam ser acrescentados no desenho de novos programas educacionais. Um desses elementos fundamentais é o *feed-back* que o *software* deve dar ao erro do aluno, caso contrário se continua a tratar o aluno em um ambiente “comportamentalista”, onde se tem apenas estímulo e resposta ou ainda o sistema fornece uma resposta que não pode ser fonte de continuidade de qualquer processo.

Buscamos mostrar que o crescimento conceitual de um aluno não um processo simples ou imediato, mas é fruto de um caminho árduo e longo, onde elaborações sofisticadas entram em jogo a todo o momento. Este aspecto é quase que desconhecido por *designer* de *softwares*, que na maioria apresentam preocupações mais ligadas à beleza gráfica dos programa. Em poucas palavras, se cria um ambiente graficamente sofisticado e não se observa como o ser humano irá interagir com ele; prevalece a lógica do programador e não a lógica do aluno “alvo”.

Queremos ainda, assinalar que o professor não é dispensável para o ensino com o uso da informática, pelo contrário, na nossa visão este deve ser um elemento estratégico, desde que os *softwares* permitam o gerenciamento do trabalho dos alunos e possam ter uma flexibilidade elevada, que permita a inclusão de novos elementos pelo professor, adequando o equipamento à sua realidade.

Nesse sentido, o computador pode auxiliar a aula de um professor e não substituí-lo!

Nessa nossa perspectiva, o mais fácil seria o uso das ferramentas computacionais para o desenvolvimento dos programas, pois constituem-se em trabalho técnico. O grande problema ainda está na base da concepção dos programas, pois estas não são triviais. Urge a necessidade da realização de pesquisas mais específicas sobre os processos de aprendizagem, para que a arquitetura computacional, possa atender às necessidades cognitivas do sujeito que irá usar o programa.

Referências Bibliográficas

- Driver, R., Guesne, E. e Tiberghien A. (1989). Ideas Científicas en la Infancia y en la Adolescencia. (trad.: P. Manzano). Madrid, Eds. Mec e Morata.
- Gil Perez, D.(1993). Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de um Modelo de Enseñanza/Aprendizaje como Investigación. Enseñanza de la Ciencias, 11(2): 197-212.

- Fiume, R. e Albuquerque, L. (1996). A tecnologia a serviço do ensino. Jornal do Professor. Estdão na escola. Out/96 N° 1, ano 1.
- Grunkraut, M. (1996), Os problemas da aprendizagem e a informática. BigMax - revista de Informática, 1(1): 29
- Le Figaro (1997). L'informatique au coeur des formations. Edição de 01/01/97, p. 14.
- Piaget, J., Inhelder, B. & Szeminska, A. (1975). A gênese do número na criança. Rio de Janeiro: Zahar.
- Piaget, J. & Garcia, R. (1987). Psicogênese e história das ciências. Lisboa: Dom Quixote.
- Piajet, J. & Inhelder, B. (1974) Da lógica da criança à lógica do adolescente. Rio de Janeiro: Zahar.
- Santos, M.E.V. (1991). Mudança Conceitual na Sala de Aula. Lisboa, Livros Horizonte.
- Senna, L.A.G. (1995). Softwares Educacionais: Um desafio conceitual para a Ciência Lingüística. Atas do VII Congresso Internacional Logo, Porto Alegre, pp. 471-479.
- Silva, B.H.A.M. (1995). Avaliação de Softwares Educacionais. Atas do VII Congresso Internacional Logo, Porto Alegre, pp. 480-485.

A HISTÓRIA DA CIÊNCIA COMO SUBSÍDIO PARA ENTENDER AS DIFICULDADES DOS ESTUDANTES SOBRE VISÃO EM SALA DE AULA

Marcelo Alves Barros, Anna Maria Pessoa de Carvalho
Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
Av. da Universidade 308, 05508-900, São Paulo, Brasil

Introdução

Nosso objetivo nesse artigo consiste em mostrar as contribuições da história da ciência como um subsídio para o professor compreender as dificuldades, raciocínios e habilidades dos seus alunos quando são solicitados a responder perguntas sobre como enxergamos um objeto não-luminoso.

Para isso, fomos procurar na história da ciência fundamentos que nos permitissem entender como os cientistas construíram o conceito de visão, quais os obstáculos que eles enfrentaram e a forma como foram superados, pois acreditamos que a partir desse conhecimento podemos entender quais os modelos que os estudantes formulam para explicar a visão.

Para a elaboração de nossa atividade procuramos encontrar, primeiramente, uma situação que fosse desafiadora para os estudantes, levando-os a explicitarem suas idéias e a confrontarem suas opiniões. Em seguida, nossa atividade procurou proporcionar um diálogo entre as diversas explicações apresentadas pelos estudantes, de tal modo a possibilitar o avanço das suas concepções na direção do conhecimento científico.

A Evolução Histórica das Explicações Sobre Visão

É comum atribuímos ao século XVII o surgimento da óptica geométrica tal como a conhecemos nos dias de hoje. No entanto, de um ponto de vista histórico, a óptica geométrica tem suas raízes em especulações muito mais remotas, feitas pelos principais pensadores da Antigüidade, e remonta a vinte longos séculos de discussões.

Entre os principais obstáculos encontrados pelos antigos pensadores para explicar a visão, podemos destacar o fato de não se poder apelar nem para um tipo de contato direto entre o objeto e o olho, nem tampouco a alguma exalação ou uma vibração transmitida pelo meio, pois nesses meios de comunicação os efeitos podiam ser sentidos no decorrer de um determinado intervalo de tempo.

Além disso, as formas e cores dos objetos podiam ser vistas mesmo a distância e, se havia alguma coisa emitida do objeto observado para o olho do observador, ela não poderia ser alguma exalação sem forma, mas, ao contrário, deveria ser algo que transportasse a forma e a cor do objeto.

Desde que os filósofos da Antigüidade não admitiam a possibilidade de ação a distância, logo algum tipo de ligação entre a fonte e o objeto deveria ser admitida a fim de explicar como o olho adquiria conhecimento sobre as propriedades dos corpos.

Uma teoria aceita na Antigüidade atribuía a toda sensação o resultado de algum tipo de contato ou toque. Desse modo, todas as nossas percepções seriam tácteis, todos os nossos sentidos seriam uma forma de toque e, desde que a alma não poderia ir até os objetos, logo estes objetos deveriam tocar a alma, passando através dos órgãos dos sentidos.

Contudo, como o que chegava até nossos olhos não poderia ser o objeto real, então algum tipo de imagem ou pele que se desprendia do corpo deveria atingir os olhos do observador, transportando para a alma as formas, as cores e todas as outras qualidades do corpo. Esse raciocínio conduziu à concepção da **eidola**, ou peles, ou imagens ou, como elas eram chamadas na Idade Média, **species**.

Diante dessa concepção vários obstáculos se colocavam para os antigos pensadores: Como explicar que a imagem de um objeto tão grande quanto uma montanha pudesse entrar na pupila do olho do observador? Por que um objeto, mesmo se fosse muito pequeno, parecia borrado quando estava muito próximo do olho? Por que em certos momentos as coisas não eram vistas, como uma agulha sobre o chão e, de repente, apareciam?

Para resolver essas dificuldades, inúmeras hipóteses passaram a ser atribuídas às imagens. Um exemplo típico consistia em conferir-lhes a propriedade de contraírem-se ao longo do caminho até tornarem-se pequenas o bastante para entrar na pupila do olho do observador.

No entanto, essa propriedade se tornava ainda mais peculiar caso se considerasse que a pupila do observador poderia estar localizada em qualquer ponto, perto ou longe do objeto. Assim, as imagens que fossem transmitidas ao longo de qualquer direção teriam que diminuir de tamanho em diferentes proporções, a fim de serem capazes de ajustar-se à pupila, que poderia estar em qualquer posição.

Apesar dos esforços dos defensores dessa teoria para superar as dificuldades mencionadas, um problema ainda permanecia sem solução e dizia respeito à questão da distância da qual um objeto realmente poderia ser visto.

Como havia um número infinito de objetos, todos de diferentes dimensões, o objeto tinha que estar localizado no espaço a uma distância definida. Mas, como já era sabido, as imagens não transmitiam qualquer informação para a determinação desses dois fatores geométricos, a distância e as dimensões, e, portanto, essa teoria tornou-se incapaz de explicar satisfatoriamente o fenômeno da visão.

Paralelamente, outra teoria bastante difundida na Antigüidade sustentava a hipótese dos raios visuais. Essa teoria supunha que do olho emanavam segmentos retilíneos, capazes de examinar o mundo externo e

trazer para a mente dados necessários para conhecermos e representarmos as formas e cores dos corpos.

No entanto, diversos obstáculos também se apresentavam para os defensores dessa teoria: Por que os raios visuais não eram capazes de examinar o mundo exterior quando estávamos no escuro? Por que os raios visuais não permitiam que enxergássemos um corpo colocado muito próximo do olho? Como os raios visuais eram capazes de alcançar corpos distantes como o Sol, a Lua e as estrelas?

Entre os principais defensores dessa teoria podemos citar o filósofo grego Pitágoras (~580-500 a.C.). Segundo ele, os raios visuais emanavam do olho, propagavam-se em linha reta e se chocavam com o corpo observado, sendo a visão a consequência deste choque. Como esses raios eram divergentes, a certa distância do olho se tornava apreciável o espaço que os separava, o que explicaria que, a grandes distâncias, os objetos pequenos poderiam escapar à ação visual. Essa idéia foi admitida pela maioria dos filósofos da Antiguidade, estendendo-se seu êxito durante toda a Idade Média.

Já para o filósofo Platão (428-347 a.C.), a visão de um objeto era formada por três jatos de partículas: um partindo dos olhos, um segundo proveniente do objeto percebido e um terceiro vindo das fontes luminosas. Assim, um feixe de raios luminosos partia dos olhos até o objeto observado, lá se combinava com os raios provenientes da fonte iluminadora, retornando então aos olhos, o que lhes dava a sensação de visão.

O desenvolvimento do modelo pitagórico do vínculo entre objeto e olho somente foi realizado pelo matemático grego Euclides (~323-285 a.C.). No tratado denominado *Óptica*, Euclides preocupou-se em estudar a visão de objetos de formas diversas, sustentando a idéia pitagórica de raios emitidos pelos olhos. Ele postulou que os raios visuais eram emitidos pelos olhos na forma de um cone, cujo ápice estaria no olho e a base, na extremidade do objeto observado, e que estes raios propagavam-se em linha reta com velocidade constante. Criou, ainda, o conceito de raio, que permitia tratar o problema da retilinearidade da propagação da luz de um ponto de vista puramente geométrico, exercendo, assim, uma influência decisiva na construção das teorias sobre a luz e visão.

A Escola Árábica (séc. IX-XI)

Para testemunharmos o declínio das antigas teorias sobre visão, devemos analisar detalhadamente as novas contribuições ao estudo da óptica geométrica que somente foram realizadas no século XI com a publicação da obra de Al Hazen (965-1039) - *Tesouro da Óptica* - por volta de 1038.

Al Hazen deu um golpe mortal na teoria dos raios visuais, após considerar que mesmo depois de olhar para o Sol e, então, fechar os olhos, uma pessoa continuava a ver o disco solar por algum tempo. Além disso,

observou que enquanto permanecia olhando fixamente para o Sol, um observador sentia um efeito fisiológico associado com ofuscamento ou dor.

Esses dois fatos entravam claramente em conflito com a teoria dos raios visuais, pois, se a emissão desses raios envolvesse sofrimento, eles naturalmente não poderiam ser emitidos e, tão logo os olhos se fechassem, a visão deveria cessar. Segundo Al Hazen, o fenômeno real exigia um agente externo que deveria impressionar o olho do observador, além do que, se o agente fosse muito forte, ele afetaria o órgão do sentido de tal modo, que aquela impressão ainda permaneceria por algum tempo, mesmo após o observador ter fechado os olhos.

O mesmo sucedeu com a teoria das imagens, uma vez que Al Hazen procurou fornecer um mecanismo que afastasse das imagens a propriedade de contraírem-se ao longo do caminho antes de alcançarem o olho do observador. Segundo Al Hazen, se o objeto fosse menor do que a pupila, sua pequeníssima imagem poderia se propagar em linha reta e entrar na pupila sem qualquer necessidade de ter que se reduzir ao longo do caminho. Contudo, para qualquer outro objeto, era admitido que fosse formado por infinitos pontos, e que cada ponto emitia em todas as direções sua própria imagem, que poderia entrar na pupila sem ter de sofrer qualquer alteração ao longo do caminho.

Além disso, o fato de uma pessoa sentir dor quando olhava diretamente para o Sol levou Al Hazen a pensar que os raios solares deveriam consistir em alguma coisa capaz de afetar o *sensorium* a ponto de feri-lo, atribuindo, assim, aos raios o poder de arrancar os pontos imagens dos corpos, quando estes eram iluminados pelo Sol. Além disso, com argumentos originais procurou convencer-se de que este agente físico deveria existir e incumbiu-se de determinar sua natureza.

Segundo Ronchi (1957), a idéia de que os raios de luz eram as trajetórias de minúsculos corpúsculos materiais já estava expressa na obra de Al Hazen, tendo sido, inclusive, a primeira vez em que ocorrera uma discussão da entidade que os físicos hoje chamam luz e a primeira vez que a teoria corpuscular fora apresentada.

Portanto, as contribuições da obra de Al Hazen para a compreensão do mecanismo da visão foram decisivas e, com sua tradução para o Latim, exerceu grande influência sobre os filósofos ocidentais da Idade Média.

Entre suas principais contribuições podemos citar, por um lado, a formulação de uma teoria sobre a formação das figuras dentro do olho por um mecanismo envolvendo pontos imagens e, por outro, a coexistência de um agente externo capaz de agir sobre o olho.

Contudo, em meio a todo esse período de fértil desenvolvimento das idéias em óptica geométrica, ainda faltava o descobrimento da chave para a compreensão do mecanismo da visão, que só viria a ser alcançada com o surgimento da nova óptica no século XVII.

A Óptica no Século XVII

É somente com a publicação em 1604 do **Suplento a Witelo (Ad Vitellionem Paralipomena)** de Kepler (1571-1630) que encontramos a primeira explicação cientificamente aceita para o mecanismo da visão.

Para Kepler os corpos externos consistiam de agregados de pontos. Cada ponto emitia em todas as direções raios retilíneos que se propagavam indefinidamente, ao menos que encontrassem algum obstáculo. Se um olho encontrava-se em frente destes pontos, então, todos os raios que entrassem no olho do observador formariam um cone, tendo o ponto como vértice e a pupila como base. Além disso, esses raios refratados pela córnea e partes internas do olho formariam um novo cone, cuja base estaria na pupila, mas cujo vértice estaria num ponto sobre a retina.

Kepler estabeleceu que o cone de raios emitidos por um ponto objeto, depois que entrava na pupila, reconvergia para um ponto sobre a retina do olho do observador, onde a estimulação do *sensorium* ocorria e onde os sinais que seriam transmitidos para a mente eram originados. Uma vez recebidos estes sinais, a mente criava, então, uma figura com a mesma forma do objeto e a localizava exatamente onde o objeto era visto.

Quanto ao problema da localização do objeto, Kepler estabeleceu que a direção dos raios, chegando à córnea vindos do ponto objeto, estava diretamente vinculada à posição do ponto sobre a retina que recebia o estímulo, fazendo com que, se a direção fosse alterada, o ponto estimulado também mudaria.

Para o problema da determinação da distância entre objeto e olho, Kepler recorreu ao cone de raios que tinha o ponto objeto como vértice e a pupila como base, inventando o termo triângulo telemétrico para designar o triângulo que tinha seu vértice no ponto objeto e sua base num diâmetro da pupila. Em outras palavras, ele assumiu que o olho era capaz de receber os raios divergentes formando dois longos lados de um triângulo. Sua conclusão era que a mente localizava o ponto luminoso no vértice do cone de raios alcançando a córnea, ou seja, que o ponto luminoso era visto naquele vértice.

Para um objeto extenso, o raciocínio era repetido ponto a ponto de tal modo que sobre a retina havia uma figura semelhante ao objeto em todos os aspectos. A mente do observador, informada pelos sinais recebidos através do nervo óptico, reconstruía a figura externa ponto a ponto e localizava-a na distância e direção indicada pelo triângulo telemétrico dos pontos individuais. Em suma, a figura vista era a projeção externa da figura interceptada sobre a retina.

Em síntese, devemos considerar que o sucesso da teoria de Kepler deveu-se ao fato de ela ter sido muito bem recebida no interior do movimento filosófico dominante no século XVII. Com a revolução da época, a Ciência, que havia sido predominantemente antropomórfica, tendo como principal objetivo explicar como a mente humana conhecia o

mundo exterior, passou a investigar a estrutura e as leis do universo independentemente da presença do observador.

Para a óptica geométrica as conseqüências dessa mudança foram dramáticas. Segundo Ronchi (op.cit.), a incorporação da lei do triângulo telemétrico de Kepler, de acordo com a qual o olho tinha de ver todos os pontos luminosos no vértice do cone de raios alcançando a córnea, conduziu à separação dos aspectos fisiológicos e psicológicos dos aspectos físicos da visão, abrindo definitivamente o caminho para o progresso da nova óptica.

A Atividade de Ensino

Nossa atividade de ensino foi elaborada com o objetivo de servir para explicitar as concepções dos estudantes sobre visão, buscando revelar quais os modelos de visão que eles freqüentemente utilizam quando discutem uma situação problemática.

A atividade desenvolvida satisfaz aos pressupostos de uma metodologia de ensino como investigação (Wheatley, 1991; Gil-Pérez, 1993; Gil-Pérez & Carrascosa-Alis, 1994 etc.) e, portanto, está orientada ao tratamento de uma situação problemática que proporcione uma concepção e um interesse preliminar pela tarefa a realizar, envolvendo a invenção de conceitos e emissão de hipóteses, o estabelecimento de estratégias de resolução e a análise dos resultados com possíveis situações de conflito cognitivo.

Os Sujeitos

O trabalho foi desenvolvido em duas classes do 2º ano de um curso de física para magistério de uma escola pública estadual de São Paulo, com estudantes que nunca haviam tido qualquer curso introdutório de óptica geométrica.

A atividade foi planejada dentro de um curso de óptica geométrica previsto para um semestre de duração, com carga horária de 2 aulas por semana e duração de 40 minutos cada aula.

A Coleta de Dados

A metodologia de coleta de dados empregada baseou-se nas gravações das aulas em vídeo, pois a utilização de uma filmadora como técnica de registro dos dados têm possibilitado ao professor-pesquisador captar as interações verbais e não-verbais que caracterizam o ambiente real de sala de aula e, assim, fazer uma leitura menos pessoal do processo de ensino-aprendizagem (Carvalho et al., 1995).

Também utilizamos outros instrumentos que tornassem coerente as interpretações feitas através do vídeo. Empregados basicamente os trabalhos escritos e os desenhos feitos pelos estudantes.

É importante lembrar que o uso de diagramas esquemáticos desenhados pelos estudantes para representar o fenômeno da visão é um

valioso instrumento para sabermos detectar suas concepções dentro deste tópico, uma vez que os símbolos e convenções que eles frequentemente utilizam para desenhar os diagramas estão diretamente associados ao entendimento que possuem sobre visão.

A Atividade em Sala de Aula

No momento da aplicação da atividade em sala de aula foram formados grupos de quatro a cinco estudantes. A presença do professor podia ser solicitada sempre que necessário, para esclarecimento de dúvidas e informações sobre a execução do trabalho. Ao final da atividade, o professor recolhia as respostas dos estudantes e propunha uma discussão geral, em que cada grupo deveria apresentar suas conclusões e debatê-las com a classe para, em seguida, serem devidamente sistematizadas pelo professor.

Nesta atividade imaginamos uma situação na qual objeto e observador estavam em dois quartos distintos, entre os quais havia uma ligação, e estando um quarto perfeitamente iluminado e outro totalmente escuro.

Inicialmente, consideramos o observador dentro do quarto iluminado olhando em direção a um objeto não-luminoso, um livro sobre uma mesa, situado no interior do quarto escuro. Em seguida, propomos o objeto não-luminoso dentro do quarto iluminado e o observador no quarto totalmente escuro.

Em cada uma destas duas situações o professor perguntava aos estudantes:

O observador será capaz de ver o livro quando ele estiver no quarto iluminado e o livro no quarto escuro?

O observador será capaz de ver o livro quando ele estiver no quarto escuro e o livro no quarto iluminado?

Em cada uma das situações, faça um desenho que mostre sua resposta.

Resultados

Esta atividade aconteceu depois de o professor já ter discutido modelos de visão com os estudantes, sendo o grupo selecionado para a filmagem formado por quatro estudantes.

O primeiro momento ocorreu no início da aula; o grupo discutiu a possibilidade de um observador situado dentro de um quarto iluminado enxergar um livro num quarto escuro.

Cris: A luz tem que refletir no livro pra chegar até os nossos olhos, mas ali ela tá refletindo primeiro a nós pra depois chegar ao livro ... você não vai ver, tem que primeiro bater no livro pra depois chegar a você.

Mar: Tem que bater no livro pra depois chegar na gente?

Cris: Eu acho que sai a luz e chega no livro pra depois refletir aos nossos olhos.

(Alunas ficam em silêncio.)

Cris: É a mesma coisa se estivesse no escuro total, você iria enxergar o livro? A gente tá no escuro e o livro tá aqui no nosso lado, você tá vendo o livro? Você não tá vendo o livro.

Mar: Claro, tá escuro.

Cris: Quando vir a claridade você vai ver o livro. Por quê? A luz vai refletir nos seus olhos primeiro pra depois você ver o livro?

Mar: Você está confundindo a minha cabeça.

(Silêncio no grupo.)

Mar: Ó, aqui (na lâmpada) tá saindo a luz, essa luz tem que passar, tem que chegar no livro pra refletir em mim. É isso?

Ales: Não ... A luz tem que bater aqui (olho), faz uma flecha aqui (saindo da lâmpada para o olho), e daí faz do olho pra cá (para o livro).

Mar: Ó, você tá lá na sua casa, o quarto está aceso por exemplo, só que a cozinha tá apagada e tem um copo em cima da pia; se você tá na porta você vai enxergar o copo porque tá passando um pouquinho de claridade pela porta.

Inicialmente podemos observar pela explicação de Cris, "A luz tem que refletir no livro pra chegar até os nossos olhos . . . tem que primeiro bater no livro pra depois chegar a você", que a estudante possui um correto entendimento do vínculo entre luz e visão.

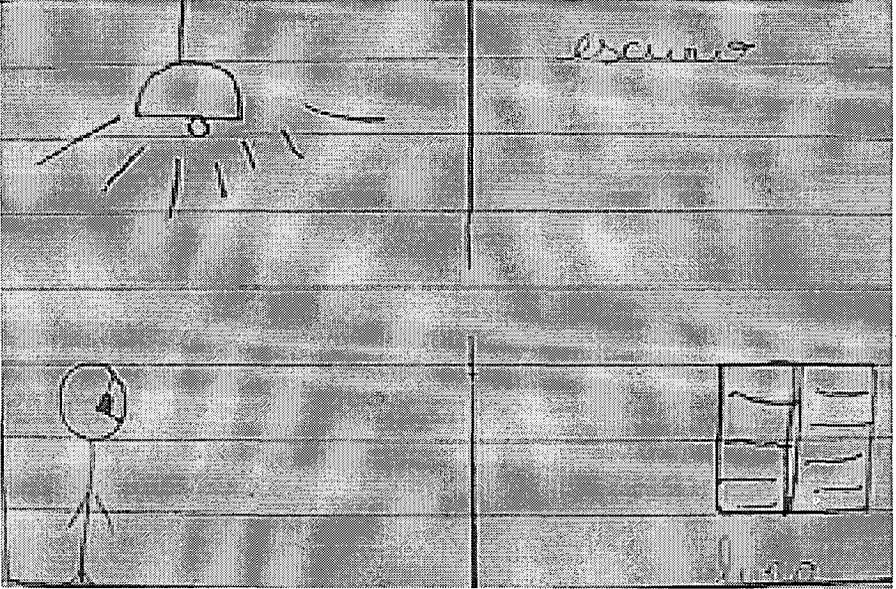
Diante dessa explicação Mar expressa seu conflito, "Tem que bater no livro pra depois chegar na gente?", revelando que para ela a hipótese de que a luz tem que primeiro ser refletida no objeto para depois chegar nos olhos do observador é problemática.

É nesse momento que Cris propõe um problema que torna explícito o conflito de Mar, e diz respeito à possibilidade de ver na escuridão total: "É a mesma coisa se estivesse no escuro total, você iria enxergar o livro? A gente tá no escuro e o livro tá aqui no nosso lado, você tá vendo o livro? Você não tá vendo o livro". E ainda: "Quando vir a claridade você vai ver o livro. Por quê? A luz vai refletir nos nossos olhos primeiro pra depois você ver o livro?".

Também identificamos a dificuldade de elas conceberem a existência de um ambiente que seja totalmente escuro como um obstáculo à compreensão dos fenômenos ópticos, levando as estudantes muitas vezes a não estabelecerem nenhuma conexão entre luz e visão. Este resultado ocorre provavelmente em virtude de que para a maioria delas, principalmente aquelas que vivem em cidades, a experiência da escuridão total não poder ser vivenciada.

Vemos pela explicação de Ale " . . . a luz tem que bater aqui (olho), faz uma flecha aqui (lâmpada para o olho), e daí faz do olho pra cá (livro)", que esta estudante é a única a utilizar um modelo de visão no qual a luz sai dos olhos para o objeto, já mencionado na evolução histórica dos conceitos em óptica geométrica.

Finalmente, destacamos que as estudantes, pelo menos neste momento, ainda não foram capazes de chegar à solução do problema. Isso se deve, principalmente, às experiências cotidianas relacionadas a várias situações de contraste entre claro e escuro, em que de fato a experiência da escuridão total dificilmente pode ocorrer.



“... esse espaço não é suficiente para que a luz se propague a ponto de eu enxergar o objeto e identificá-lo”.

No segundo momento o grupo passou a discutir sobre a possibilidade de o observador no quarto escuro ser capaz de enxergar o livro no quarto iluminado.

Alé: A luz vem primeiro pro meu olho pra depois chegar no livro.

Cris: Eu acho que a luz bate primeiro no livro . . . a luz reflete no livro primeiramente.

(Alunas ficam em silêncio.)

Cris: Sabe por que a luz tem que refletir primeiro no objeto? Se você tá no claro e o objeto tá no escuro você não vai enxergar, porque não tá refletindo luz no objeto. É a mesma pergunta que aquela onde você estava no claro e o livro no escuro, você não enxergou porque a luz não estava batendo no objeto.

Iza: Pra mim a luz chega primeiro aos olhos e depois ao objeto.

(Novamente silêncio no grupo, alunas olham atentamente para a lousa.)

Cris: Gente! A luz vai estar refletindo para os nossos olhos; se o livro tá no escuro não dá pra ver.

Mar: Eu não sei mais o que eu penso!

Alé: Eu acho que bate nos nossos olhos pra depois ir pro livro.

Cris: Mas aí é que tá, se ela (a luz) bate primeiro nos nossos olhos, por que o livro estando no escuro a gente não pode ver, a luz tá batendo nos nossos olhos?

Mar: Entendi, entendi . . . Daí, depois que vai (a luz) no livro, daí do livro que vai (a luz) até meu olho (aluna desenha uma seta indo do livro para o olho), porque este objeto tá iluminado.

Ales: Eu entendi o que você quer dizer, acontece que pra mim não é isso.

(risos)

Iza: Peguei, captei. Porque a luz bateu no livro, então, os raios que se expandiram fez eu enxergar.

Cris: A partir do momento em que a luz sai e bate no livro, ele vira um objeto luminoso.

Mar: Sabei os raios e clareou o livro, . . . esses raios aqui de luz, um deles chegou e entrou pela frestinha e chegou até meus olhos.

Inicialmente devemos chamar atenção para o fato de que Ale defende um modelo de visão no qual "A luz vem primeiro pro meu olho pra depois chegar no livro", contrastando fortemente com o modelo de Cris, que admite, ao contrário, que "A luz bate primeiro no livro . . . a luz reflete no livro primeiramente".

É a partir da confrontação entre esses dois modelos de visão que algumas estudantes são levadas a refletirem sobre suas respostas iniciais e a mudarem de concepção.

Também observamos que Cris é a única estudante a perceber a simetria existente entre as duas situações apresentadas e, portanto, a fornecer um modelo coerente que explique ambas corretamente: "Sabe por que a luz tem que refletir primeiro no objeto? Se você tá no claro e o objeto tá no escuro você não vai enxergar, porque não tá refletindo luz no objeto. É a mesma situação que aquela onde você estava no claro e o livro no escuro, você não enxergou porque a luz não estava batendo no objeto".

É após essa explicação que Iza passa a explicitar sua concepção, admitindo que ". . . a luz chega primeiro aos olhos e depois ao objeto", reforçando a idéia de que a visão é o resultado da luz que sai dos olhos e vai para o objeto.

Outro resultado interessante é a maneira como Mar torna explícito seu conflito, desencadeado no momento anterior, a respeito da idéia de que a luz primeiro é refletida no objeto e depois vai para o olho "Eu não sei mais o que eu penso!", mostrando que a hipótese de luz alcançando os olhos é difícil de ser entendida, apesar dos argumentos e das sugestões de sua colega, que possui o modelo científico de visão.

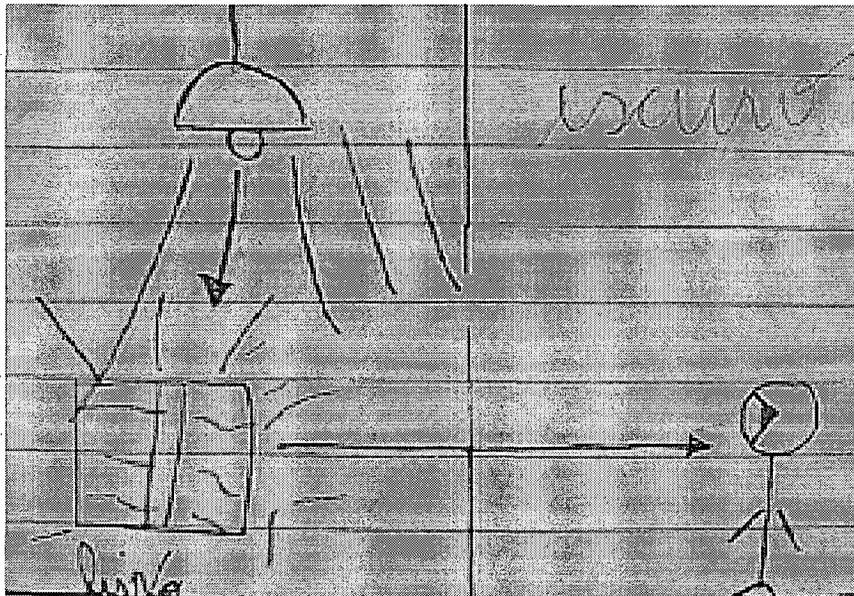
A seguir, encontramos Ale se esforçando em defender seu modelo de visão, afirmando que ". . . (a luz) bate primeiro nos nossos olhos pra depois ir pro livro".

Contudo, podemos perceber a insatisfação de Ale em não ser capaz de apresentar uma explicação melhor do que aquela apresentada por

Cris, pois a dificuldade principal do modelo de luz que sai dos olhos está justamente em fornecer uma resposta satisfatória para a seguinte pergunta "... se ela (a luz) bate primeiro nos nossos olhos, por que o livro estando no escuro a gente não pode ver, a luz tá batendo nos nossos olhos?".

É a partir desta pergunta desequilibradora de Cris que algumas das estudantes passam a utilizar o modelo de visão no qual a luz sai do objeto e atinge os olhos. Vejamos o caso de Mar, que até agora não se havia decidido em favor de nenhum dos modelos e, então, passa a admitir explicitamente a hipótese correta de que a luz é refletida do livro para os olhos: "Entendi, entendi ... depois que vai no livro, daí do livro que vai até meu olho, porque este objeto tá iluminado".

É relevante destacarmos, ainda, a resistência de Ale em favor da hipótese de que a luz sai dos olhos, não reconhecendo as limitações de seu próprio modelo de visão e, portanto, sendo incapaz de aceitar a explicação científica: "Eu entendi o que você quer dizer, acontece que eu não sei ... para mim não é isso".



"Vou enxergar porque a luz chegará no livro, o iluminará e isso vai refletir nos meus olhos, porque esses raios de luz que iluminou o livro chegou até meus olhos".

Conclusões e Comentários

Neste artigo tínhamos como objetivo mostrar o papel desempenhado pela história da ciência para auxiliar o professor a entender as dificuldades dos seus estudantes quando estes eram solicitados a explicar visão de objetos não-luminosos.

Para isso, procuramos identificar na história da ciência quais foram os principais modelos explicativos que os cientistas utilizavam para explicar o fenômeno da visão, buscando detectar quais as dificuldades e limitações encontradas e, principalmente, a forma como as mudanças de teorias ocorreram dentro deste domínio.

Pela análise dos resultados pudemos verificar que a atividade de ensino proposta foi reveladora do parentesco existente entre o desenvolvimento histórico dos conceitos sobre visão e a evolução das idéias das estudantes, mostrando que o modelo de emissão da luz pelos olhos constitui-se num obstáculo que deve ser cuidadosamente analisado pelo professor durante o ensino de óptica.

A elaboração de uma atividade que proporcionasse uma discussão sobre a possibilidade de ver na escuridão foi reveladora do modo como as estudantes articulavam seus modelos de visão, sendo interessante destacar que algumas estudantes deram respostas incorretas fundamentando-se em suas experiências pessoais de “ver” no escuro.

A partir destes resultados destacamos a necessidade de se introduzir o conceito de visão desde o início do curso, para que os estudantes sejam capazes de reconhecer o papel crucial desempenhado pelo olho do observador na explicação de como enxergamos os objetos.

Também chamamos a atenção para o desacoplamento feito pelos estudantes entre os conceitos aprendidos nas aulas de óptica geométrica e suas experiências pessoais. Não foi raro encontrarmos os estudantes violando as regras e símbolos usados na óptica geométrica na explicação daquilo que eles observavam de um fenômeno real.

Destacamos, ainda, que uma das principais limitações da atividade proposta foi ajustar o conflito cognitivo evidenciado em algumas situações com o nível de desenvolvimento intelectual de cada estudante, o que deveria exigir por parte do professor a capacidade para coordenar as informações, fazer perguntas desafiadoras, eliminar dúvidas e dar sugestões adequadas para cada caso.

Finalmente, destacamos as limitações desta atividade como parte de um processo de ensino muito mais amplo. Julgamos que seria necessário verificar como estes estudantes utilizariam suas idéias numa variedade de outras situações que envolvam novos fenômenos, evidenciando, assim, seus avanços e retrocessos na direção do conhecimento científico.

Referências Bibliográficas

- BARROS, M.A., 1996. A evolução das concepções dos estudantes secundários sobre visão em situação de ensino. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

- CARVALHO, A.M.P.; CASTRO, R.S.; LABURU, C.E. e MORTIMER, E.F., 1992. Pressupostos epistemológicos para a pesquisa em ensino de ciências. *Cadernos de Pesquisa*, n. 82, 85-89.
- CARVALHO, A.M.P. & GIL-PÉREZ, D., 1993. Formação de professores de ciências. Editora Cortez.
- CARVALHO, A.M.P.; GARRIDO, E.; LABURU, C.E.; MOURA, M.O.; SILVA, M.; SILVA, D.; MORTIMER, E.; ABIB, M.L.; TEIXEIRA, O.P.; CASTRO, R.S.; ITACARAMBI, R. e NASCIMENTO, L., 1992. La historia das ciencias, la psicogénesis y la resolución de problemas en la construcción del conocimiento en la aula. *Encuentro Internacional sobre Investigación en la Escuela para el año 1992*, Espanha.
- CARVALHO, A.M.P.; 1992. Construção do conhecimento e ensino de ciências. Em Aberto, Brasília, ano 11, n. 55, julho/setembro.
- CARVALHO, A.M.P.; GARRIDO, E. & CASTRO, R.S., 1995. El papel de las actividades en la construcción del conocimiento en clase. *Investigación en la Escuela*, n. 25, 61-70.
- CASTRO, R.S. & CARVALHO, A.M.P., 1995. The historic approach in teaching: analysis of an experience. *Science & Education*, 4, 65-85.
- DUSCHL, R. & GITOMER, D., 1991. Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 839-858.
- DUSCHL, R., 1995. Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1), 3-14.
- GIL-PÉREZ, D. e CARRASCOSA, J., 1985. Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.
- GIL-PÉREZ, D. & MARTINEZ-TORREGROSA, J., 1987(a). Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.
- GIL-PÉREZ, D., 1993. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de um modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- GIL-PÉREZ, D. & CARRASCOSA-ALIS, J., 1994. Bringing pupils' learning closer to a scientific construction of knowledge: a permanent feature in innovations in science teaching. *Science Education*, 78 (3), 301-315.
- KRAPAS, S., 1982. Estudo das noções espontâneas acerca de fenômenos relativos à luz em alunos de 11-18 anos. *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

- RAMADAS, J. & DRIVER, R., 1989. Aspects of secondary student's ideas about light. Centre for Studies Science and Mathematics Education, University of Leeds.
- RONCHI, V., 1957. Optics: the science of vision. New York University Press, New York.
- WHEATLEY, G.H., 1991. Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, 75 (1), 9-21.

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ALUNOS DA 8ª SÉRIE E DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS EM SERVIÇO SOBRE FASE E MUDANÇA DE FASE

Eliane de Oliveira Vicente,
Sonia Krapas,
Glória Queiroz,
Rita de Cássia A. Costa,
Genise de M. Freitas,
Fátima Castanha,
Renato C. dos Santos,
Marcia Serra Ferreira
(glória@skydome.com.br)

Espaço UFF de Ciências - Universidade Federal Fluminense - Niterói - RJ
Rua Jansen de Mello 174 - CEP.:24030-221 - Niterói - R. J.

Introdução

“ No estado sólido, as forças de coesão são maiores do que as forças de repulsão entre as partículas da matéria. Por isso nessa condição, a matéria tem forma e volume constantes.”

“ No estado líquido, as forças de coesão entre as partículas se mostram menores do que no estado sólido. Então, essas partículas (átomos, moléculas, íons) não se mostram tão próximas e, sobretudo, não tendem a se manter numa posição ou lugar invariável. Por isso, os líquidos podem variar a sua forma.”

“ No estado gasoso, as forças de coesão são menores do que as forças de repulsão. Em conseqüência, as partículas da matéria tendem a se “ espalhar ” pelo espaço” (Soares, J. L. Química e Física: Matéria e Energia, 1º grau. São Paulo, Ed. Moderna, 1995.)

A literatura em Ensino de Ciências na 8ª série, a qual inclui fundamentos de química e de física, apresenta determinados conceitos sobre o estudo dos estados físicos da matéria. Muitas dessas abordagens são baseadas em concepções erradas que os professores de ciências, em sua maioria com formação em biologia, acabam assimilando e transmitindo à seus alunos.

Tomando como exemplo Soares (1995), um número significativo de livros didáticos³¹ diferencia os estados físicos da matéria pela intensidade das forças de coesão/atração e repulsão atuantes sobre as partículas que a constitui. Diante desta realidade, qual seria a explicação, para a seguinte questão: Existem na Terra substâncias que são, à temperatura ambiente,

³¹Andreolli, F. Ciências: Química e Física, Ed. do Brasil S.A. 8ª série; Goudak, Demétrio e Mattos, Neide S. Aprendendo Ciências 8ª série: Matéria, Energia, Ambiente e Saúde. São Paulo, FTD, 1992; Costa, W.F. e Brasil, Sérgio. Noções de Física e Química; Marques e Porto. Ciências: Química e Física. São Paulo, Editora Scipione, 1990.

sólidas como o ferro, o chumbo, o iodo, a naftalina e o sal de cozinha; outras que são líquidas como a água e o álcool; e ainda outras que são gasosas como o gás carbônico, o gás de cozinha e oxigênio. Por que numa mesma temperatura ambiente encontramos substâncias nos três estados físicos e por que ao aumentarmos a temperatura sob as mesmas condições, algumas mudam de estado mais facilmente do que outras?

Segundo a concepção científica, não claramente apontada pelos livros didáticos, os estados físicos da matéria são atribuídos à natureza das partículas que compõem as diferentes substâncias (íons, moléculas, átomos) e a intensidade das forças de interação entre elas.

Diante desta problemática, viu-se a necessidade de se estudar as concepções dos professores acerca do tema fase e mudança de fase. Serão estudadas também as concepções de alunos da 8ª série.

Metodologia

Durante o ano de 1995, em reuniões quinzenais de três horas de duração, a equipe da pesquisa, constituída de três professores da UFF, uma professora da Escola Técnica Federal de Química e quatro professoras de Ciências do 1º grau do Município do Rio de Janeiro, discutiu conceitos físicos e químicos envolvidos na explicações dos estados físicos da matéria, trocou experiências didáticas e analisou livros didáticos. Durante o ano de 1996, foram realizadas oficinas destinadas à professores de ciências nas quais pudemos testar nossas conjecturas a respeito das concepções dos professores cursistas sobre os estados físicos da matéria. Para isso foi preparado um questionário com a finalidade de investigar as concepções dos professores.

Os dados foram obtidos durante a realização de 4 oficinas, totalizando 36 professores cursistas com formação em Biologia, Matemática, Pedagogia e Magistério (2º grau) que lecionam na rede pública e particular dos Municípios de Niterói e Rio de Janeiro. Além dos professores, o questionário foi respondido, no contexto de sala de aula, por 68 alunos da 8ª série de uma escola pública do Município do Rio de Janeiro.

Resultados

Na presente fase da pesquisa, os resultados se resumem na apresentação das categorias que dão conta das concepções dos alunos e dos professores, de forma conjunta, sobre os estados físicos da matéria.

Expomos, a seguir, cada uma das perguntas do questionário, as categorias de respostas, exemplares de cada uma destas categorias, gráficos com a distribuição das respostas por categorias e, eventualmente, tabelas.

Questão 1:

Por que encontramos na natureza substâncias nos estados: sólido, líquido e gasoso?

Resposta 1A - Expressa um modelo microscópico para cada um dos estados que leva em consideração a distância entre as partículas constituintes da matéria como consequência ou não da intensidade das forças de coesão entre elas.

- “A diferença entre os estados está ligado ao nível de energia entre as partículas - ao receber energia “de fora” a agitação das moléculas tende a aumentar (\downarrow sólido \rightarrow líquido \rightarrow \uparrow gasoso), sólidos estão mais arrumados, maior força de coesão.”
- “Sólido \rightarrow as moléculas de um corpo não possuem energia suficiente. Líquido \rightarrow as moléculas vão recebendo energia e se separando. Gasoso \rightarrow as moléculas recebem muita energia e por isso vão se empurrando e separando-se uma das outras.”

Resposta 1B - Expressa um modelo microscópico geral que não se encontra associado a nenhum dos estados da matéria. Aparecem entidades tais como átomos, moléculas ou partículas, cujo movimento, energia, distância entre as partículas e arranjo das partículas variam com a temperatura e/ou pressão.

- “Em função da agitação molecular, maior ou menor. Por causa da variação da temperatura.”

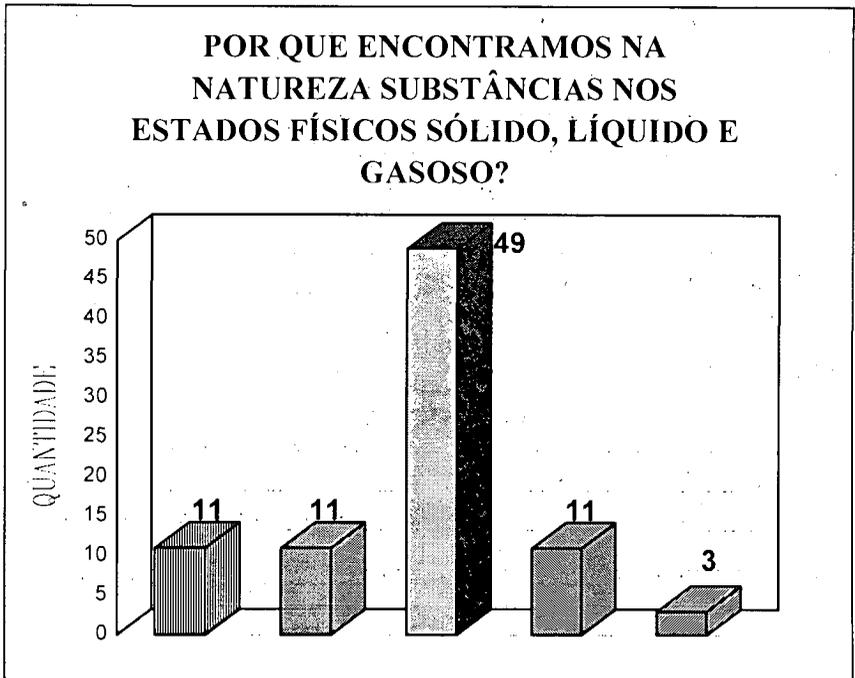


Gráfico 1- Distribuição de respostas por categorias

No presente trabalho não vamos analisar a 2ª questão.

Resposta 2 - Não expressa um modelo microscópico. Usa termos que não se encontram articulados tais como: “ponto de fusão”, “temperatura”, “pressão”, “calor”, “mudanças de estado”. Ou ainda termos referentes ao mundo microscópico tais como: “partículas”, “moléculas”, “átomos”, “proximidade dos átomos”, “movimento das partículas”, “interação entre as partículas”, “organização dos átomos”, “estados de agregação”, “estrutura física”, forças de atração que, da mesma forma, não se encontram articulados.

- “Por causa de diversos fatores: pressão, temperatura, estado de agregação, movimento das partículas, continuidade da matéria.”
- “Devido aos vários tipos de ponto de fusão.”

Resposta 3 - Associa os estados físicos da matéria (EFM) a forças de ação e repulsão.

- “As substâncias apresentam-se em diferentes estados devido as forças de atração e repulsão entre as partículas que formam o corpo. Sólido: coesão > repulsão; líquido: coesão = repulsão; gasoso: coesão < repulsão.”

Resposta 4 - Em branco

Resposta 5 - Não se enquadra nas categorias acima descritas.

- “Porque existem diferentes substâncias, no estado da matéria.”
- “Porque na natureza nós encontramos os fenômenos que consiste o estado físico da matéria.”

3ª Questão:

(A) Por que sentimos cheiro das coisas?

A percepção do cheiro pode ser entendida pelas etapas de produção, transmissão e recepção, sob o ponto de vista microscópico e macroscópico.

Resposta 1 - Refere-se a pelo menos duas das etapas pelas quais ocorre a percepção do cheiro.

- “Porque as partículas evaporam, misturam-se com o ar e chegam até as nossas fossas nasais.” (produção macroscópica, transmissão microscópica e recepção macroscópica).
- “Porque as moléculas adquirem o estado gasoso e se misturam com as moléculas do ar.”
- (produção macroscópica e transmissão microscópica).
- “Porque as moléculas dos gases se dispersam no ar, sendo percebidas pelo olfato.” (transmissão microscópica e recepção macroscópica).

Resposta 2 - Considera somente a produção do cheiro.

- “Por que muitas substâncias são voláteis e “desprendem” partículas.” (produção microscópica).
- “Por que parte da matéria é liberada com a água no processo de vaporização.” (produção macroscópica).

Resposta 3 - Refere-se somente a transmissão.

- “Devido a agitação das moléculas no ar. As moléculas no ar se agitam e se espalham no ar.” (transmissão microscópica).
- “Devido a difusão das partículas em suspensão.” (transmissão microscópica)
- “Devido algumas substâncias se “inteirarem” à expansibilidade do ar.” (transmissão macroscópica).

Resposta 4 - Considera somente a recepção do cheiro.

- “Por que nossas células olfativas se sensibilizam permitindo que nós possamos sentir o cheiro das coisas.” (recepção microscópica)
- “Por causa do nosso olfato através do ato de respirar.” (recepção macroscópica).

Resposta 5 - Atribui que o cheiro é liberado pelas entidades microscópicas (partículas, moléculas).

- “Por que algumas partículas são voláteis e desprendem odor.”
- “Por que determinadas moléculas que emitem cheiro chegam a mucosa nasal e células receptoras levam esta mensagem ao cérebro.”

Resposta 6 - Não se refere nem a transmissão, nem a produção e nem a recepção. Aponta somente para o fato de que o cheiro é possível

Tabela 1- Categorias Microscópico e Macroscópico em Função das Categorias Produção, Transmissão e Recepção

Resposta	Categorias			Total	
		Produção	Transmissão		Recepção
Resposta 1	Microscópico		8	3	14*
	Macroscópico	4	2	8	
Resposta 2	Microscópico	2			7
	Macroscópico	5			
Resposta 3	Microscópico		9		12
	Macroscópico		3		
Resposta 4	Microscópico			15	17
	Macroscópico			2	
Total	Micro	2	17	18	37
	Macro	9	5	10	24
	Total	11	22	28	61

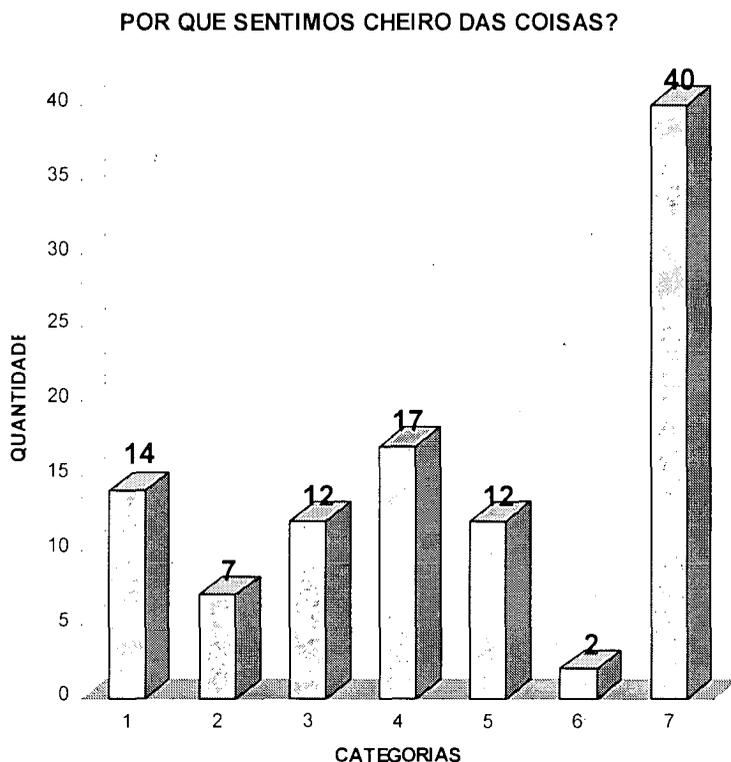


Gráfico 2- Distribuição de respostas por categorias somente com substâncias no estado gasoso.

- “O cheiro é um grupo de átomos de diferentes substâncias em estado gasoso.”
- “Há partículas no ar atmosférico que assumem o estado gasoso.”

Resposta 7: Respostas em branco e sem significado para questão.

- “Por causa da propriedade que nos permite sentir o cheiro das substâncias chamada propriedade organoléptica.”
- “Devido a diferentes combinações químicas, nós conseguimos sentir o cheiro.”

A tabela 1 apresenta as categorias *microscópico* e *macroscópico* em função das categorias *produção*, *transmissão* e *recepção* para cada uma das respostas de 1 a 4 e para o total de respostas.

* Representa o número total de respondentes, sem considerar que cada um apareceu em mais de uma categoria.

Não apontamos os resultados da parte B da questão 3, por tratar praticamente do mesmo conteúdo.

4ª Questão: Encoste o ouvido na mesa e bata levemente.

(A) Por que o som se propaga melhor nos sólidos que no ar?

Resposta 1A - Dá uma resposta do ponto de vista microscópico, apontando para a continuidade/proximidade, assim como para a vibração das partículas. Respostas se referindo a alta densidade do material também estão incluídas nesta categoria de resposta.

- “Por que o sólido tem suas moléculas muito próximas, facilitando a propagação das ondas sonoras (umas passam a vibração para outras). No ar, há maior espaço entre as moléculas, assim, o “material de propagação de som (moléculas de ar) tem maior dificuldade de difundir as ondas.”

Resposta 1B - Leva em consideração apenas a proximidade / continuidade entre as partículas ou a densidade.

- “Por causa da continuidade da matéria, ou seja no estado sólido as ondas tendem a se propagar mais intensamente.”
- “Partículas mais próximas facilitando a propagação do som.”
- “O sólido tem a propriedade de refletir o som por ser mais denso, como no líquido, uma coisa que não ocorre no ar.”

Resposta 1C - Considera somente as vibrações das partículas

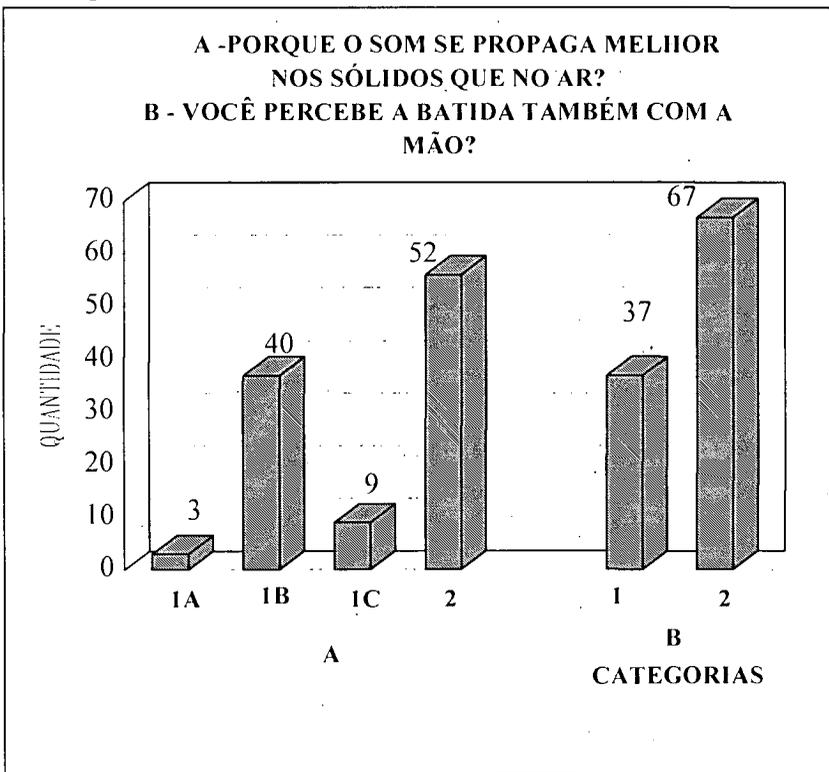


Gráfico 3- Distribuição de respostas referentes a questão 4(A) e 4(B) por categorias

- “A vibração se transmite melhor (de molécula a molécula).”

Resposta 2 - Respostas em branco e sem significado para questão.

- “Porque no ar elas (as substâncias) se distanciam levando o som para outros lugares, na mesa o som se centraliza.”
- “Porque o sólido tem uma certa quantidade de massa e o ar não.”

(B) - Você percebe a batida também com a mão? Por quê?

Resposta 1 - Considera somente as vibrações das partículas.

- “Sim. A propagação da vibração do material se torna melhor nos sólidos que no ar. Também a proximidade das moléculas é relevante.”
- “Sim. Por causa da vibração da partícula.”

Resposta 2 - Respostas em branco e sem significado para a questão.

- “Sim. Porque temos corpúsculos táteis na pele”
- “Sim, por causa do sentido do tato”

5ª Questão

Deixe três copos com água (quente, temperatura ambiente e fria). Pingue 2 gotas de corante em cada?

(A) Por que houve dissolução da anilina?

Resposta 1 - Considera dois aspectos do fenômeno: os espaços existentes entre as moléculas da água e o seu movimento.

- “As moléculas do corante entre os espaços intermoleculares da água e a movimentação das moléculas da água contribuem para a mistura.”

Resposta 2 - Considera só os espaços existentes entre as moléculas da água ou só o seu movimento.

- “Ela ocupa os espaços entre as moléculas.”
- “Porque as moléculas estão em movimento.”

Resposta 3 - Em branco e sem significado para a questão.

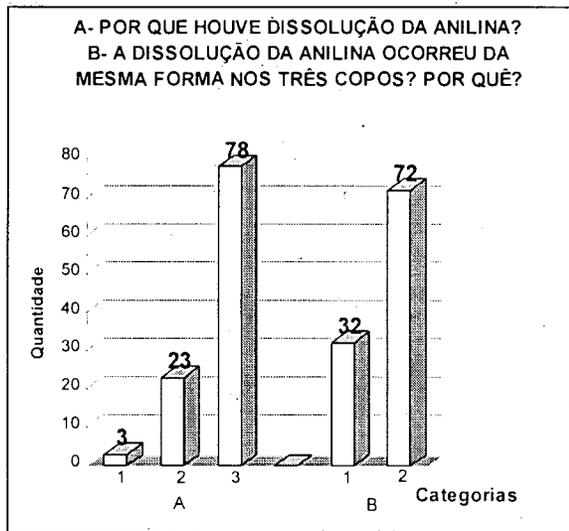
- “Porque as substâncias corantes se combinam com a água.”
- “Por causa da solubilidade.”

(B) A dissolução da anilina ocorreu da mesma forma nos três copos? Por quê?

Resposta 1 - Relaciona o aumento da temperatura com a maior agitação das moléculas e conseqüentemente maior dissolução da anilina.

- “Não, na água quente a dissolução foi mais rápida, devido à maior “agitação das moléculas.”
- “Não, porque na água quente a energia cinética das moléculas aumenta carregando o corante.”

Resposta 2 - Respostas em branco e sem significado para a questão



- “Não, devido as diferentes propriedades físicas da água.”

Gráfico 4- Distribuição de respostas referentes as questões 5(A) e 5(B) por categorias.

6ª Questão

Aqueça as 5 substâncias (Ferro, Gelo, Iodo, Sal e Naftalina) no estado sólido. O que aconteceu com cada uma?

Os resultados em relação a está questão não foram incluídos por se limitarem ao registro das observações.

7ª Questão

Existem na Terra substâncias que são, à temperatura ambiente, sólidas como o ferro, o chumbo, o iodo, a naftalina e o sal de cozinha; outras são líquidas com a água e o etanol; e ainda outras que são gasosas como o gás de cozinha e o oxigênio (O_2).

Por que, à mesma temperatura e pressão, encontramos substâncias nos três estados físicos?

Por se tratar de questão semelhante a de número 1, vamos utilizar a mesma categorização de respostas.

Resposta 1A - Expressa um modelo microscópico para cada um dos estados que leva em consideração a distância entre as partículas constituintes da matéria como consequência ou não da intensidade das forças de coesão entre elas.

- Não houve, entre professores e alunos, respostas que se enquadrassem nesta categoria.

Resposta 1B - Expressa um modelo microscópico geral que não se encontra associado a nenhum dos estados da matéria. Aparecem entidades tais como átomos, moléculas ou partículas, cujo movimento, energia, distância entre as partículas e arranjo das partículas variam com a temperatura e/ou pressão.

- “Devido as diferentes moléculas estarem em diferentes aproximações entre elas mesmas. Interferindo diretamente nessa distância o fator de temperatura e pressão.”

Resposta 2 - Não expressa um modelo microscópico. Usa termos que não se encontram articulados tais como “ponto de fusão”, “temperatura”, “pressão”, “calor”, “mudanças de estado”. Ou ainda termos referentes ao mundo microscópico tais como: “partículas”, “moléculas”, “átomos”, “proximidade dos átomos”, “movimento das partículas”, “interação entre as partículas”, “organização dos átomos”, “estados de agregação”, “estrutura física”, forças de atração que, da mesma forma, não se encontram articulados.

- “Devido a força de atração.”
- “Devido a agregação de partículas em cada uma delas, promovendo o equilíbrio molecular”

Resposta 3 - Associa os EFM a forças de ação e repulsão.

- “Devido a forças internas de atração e repulsão.”

Resposta 4 - Em branco

Resposta 5 - Não se enquadram nas categorias acima descritas.

- “Porque cada estado físico possui mais ou menos energia do que os outros, fazendo com que cada um esteja em um estado físico.”
- “Isso por causa de sua estrutura química.”

8ª Questão

Qual a estrutura das substâncias abaixo? Procure na tabela.

Nesta questão os respondentes se limitaram ao registro.

Ferro: metálica

Iodo: molecular

Gelo: molecular

Sal: agregado iônico

Conclusões

A análise dos questionários e as discussões surgidas durante a realização das oficinas mostraram que professores e alunos apresentam deficiências conceituais básicas referentes à matéria e sua estrutura atômica dentre as quais destacamos as seguintes:

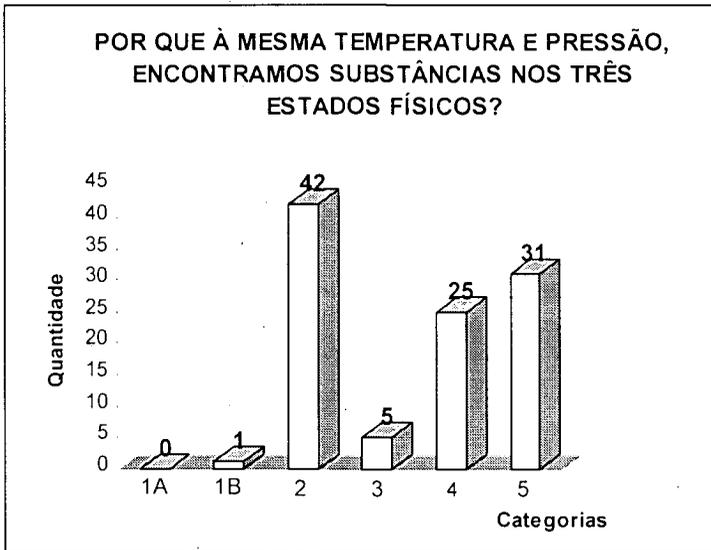


Gráfico 5- Distribuição de respostas por categorias

- Usam termos escolarizados e sem sentido nas suas respostas, que muitas vezes são explicadas por forças de ação e repulsão agindo simultaneamente. Estes nos parece indicar a falta do conceito de inércia, uma vez que força é associada a movimento.
- Não consideram a expansão da matéria no estado gasoso.
- Existe uma dificuldade em entender que as matérias sólidas estão se sublimando em maior ou menor escala; e que esta mudança pode ser constatada pelo nosso olfato.
- É fácil entender que no estado sólido, comparado com os outros estados, as partículas estão mais unidas o que explicaria a propagação do som nos sólidos.
- Apesar do aspecto aparentemente contínuo, a matéria nos estados sólido, líquido e gasoso tem espaços entre os seus constituintes. Apesar de nem sempre estes espaços serem considerados vazios.
- Embora classifiquem as substâncias de acordo com suas estruturas, não sabem esboça-las numa fórmula molecular.
- Não associam os Estados Físicos da Matéria a natureza das suas unidades constituintes e a intensidade de forças de atração atuantes sobre ela.

Bibliografia

SOARES, J.L. Química e Física: Matéria e Energia, 1º grau. São Paulo, Ed. Moderna, 1995.

VISÃO DE ESTUDANTES SOBRE A INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO 2º GRAU

O.S.Pereira³²

Instituto de Física

Universidade de São Paulo

C.P. 66318 - CEP 05389-970 - São Paulo - SP - Brasil

tel.: 011- 818-6919/ fax: 011 - 818-6832

Resumo

Muitos pesquisadores da área de ensino de física têm discutido a necessidade de se adequar o currículo de física do 2o. grau à física "real", inserindo física moderna e contemporânea. Apesar dos vários trabalhos que discutem o assunto, poucos têm se preocupado em mostrar o que os estudantes pensam sobre ele e quais são suas expectativas e interesses sobre essa questão. De 1993 a 1996, a partir de atividades extra-classe, avaliação de visitas a exposições científicas do Programa Ciência Educação - IFUSP, de cursos de atualização para professores e de palestras para mais de 500 estudantes de 2o. grau, reunimos um grande número de respostas de estudantes sobre a inserção da física moderna e contemporânea no 2o. grau. Apresentaremos um resumo da análise desses questionários.

Introdução

Realizamos três cursos de atualização sobre física nuclear e raios cósmicos. Durante o ano de 1993, foi ministrado um curso para professores de física e outro para professores de ciências, sendo que o primeiro foi financiado pela VITAE Apoio à Educação e Cultura e o segundo pela FDE-Fundação para o Desenvolvimento da Educação da Secretaria de Estado da Educação de São Paulo. No primeiro semestre de 1995, foi ministrado o terceiro na Estação Ciência. Cada um deles teve uma duração de 30 horas, sendo que a parte de raios cósmicos foi dada pelo autor e a de física nuclear pela profa. Maria Cristina Martins do If-UFBA, ambos supervisionados pelo prof. Dr. E.W.Hamburger do IFUSP.³³

O primeiro curso - organizado especialmente para professores de física -teve um espaço dedicado a reuniões com os professores após o seu término, para as quais os professores recebiam um ajuda de custo. Essas

³² Carla Gonçalves Böhmer colaborou na tabulação dos questionários de avaliação das visitas às exposições "Uma História da Física Nuclear/Chuveiros Penetrantes/40 Anos do Méson Pi" no Colégio Arquidiocesano, 1994.

³³ A análise dos cursos faz parte do projeto de mestrado do autor, sob a orientação do prof. Dr. E.W.Hamburger, sobre raios cósmicos e a introdução de física moderna e contemporânea no 2o. grau, a ser defendida em abril de 1997 no Instituto de Física da USP

reuniões foram destinadas ao aprofundamento de questões de conteúdo ou de metodologia que surgiram durante o curso.

Nessas reuniões foi formado um grupo de trabalho para discussão de uma proposta para o ensino de raios cósmicos no 2o. grau. Entre todas as propostas, vários professores destacaram a aplicabilidade das exposições de painéis, desenvolvidas pelo Programa Ciência Educação do IFUSP, visitadas por eles durante o curso (Uma história da física nuclear; Chuveiros Penetrantes na Radiação Cósmica; e 40 Anos do Méson Pi) na própria escola, assim como, o uso de vídeos e de visitas a laboratórios de pesquisa. Além disso, destacaram a necessidade da realização de palestras sobre os temas das exposições para aprofundamento do assunto, assim como para esclarecimento das dúvidas dos estudantes.

Visitas e Palestras

Em função dos pedidos dos professores, o autor acompanhou a ida das exposições a uma escola pública estadual de Jandira, município da Grande São Paulo, onde as mesmas foram visitadas por mais de 1500 estudantes. 40 estudantes de uma pública escola estadual do bairro do Campo Limpo, zona oeste de São Paulo, visitaram as exposições na própria universidade. Duas grandes escolas particulares - Colégio Arquidiocesano e Colégio Pio XII - por sua vez, solicitaram as exposições também, recebendo a visita de mais de 1500 alunos no total.

Depois, ainda foram ministradas quatro palestras, a convite dos professores em escolas nos municípios de Jandira, de São Bernardo do Campo, e no bairros do Campo Limpo e Morumbi na própria cidade de São Paulo, atingindo 550 alunos aproximadamente. As palestras trataram sobre um pouco da história das pesquisas sobre raios cósmicos e da física no Brasil, a descoberta do méson pi e sua relação com a física nuclear, a de partículas e a astrofísica.

Questionários Aplicados nas Exposições

Aos alunos que visitaram as exposições e àqueles que assistiram as palestras, foram ministrados questionários diferentes sobre o conteúdo das exposições e palestras, sobre o que sabiam a respeito dos mesmos e como viam o aprendizado da física que tinham na escola e de assuntos novos como aqueles que viram nos painéis. (Os questionários encontram-se anexos no final deste trabalho). Neste painel, discutiremos a avaliação dos alunos do Colégio Arquidiocesano de São Paulo da visita às exposições em 1994.

As questões de maior interesse para este trabalho foram as seguintes:

- 1 - O que mais chamou sua atenção nas exposições
- 2 - O que você julga ter aprendido vendo as três exposições?

- 3 - Quais assuntos você já conhecia? Diga como tomou conhecimento deles?
- 4 - Qual importância você vê nas pesquisas realizadas em física nuclear?
- 5 - Que diferença você vê entre o que está sendo estudado nas aulas de física e o que você viu nas exposições?
- 6 - Dos painéis expostos, qual (ou quais) tema(s) gostaria que fosse aprofundado?

Tabela I - O Que mais chamou a atenção

Item	Assunto	respostas
01	A descoberta do méson pi por um brasileiro	59
02	Os grandes aceleradores de partículas	30
03	Papel do méson pi na interação entre nêutrons e prótons	29
04	Radiação Cósmica	23
05	O méson pi	22
06	A bomba atômica	20
07	O uso de balões para medições na atmosfera	16
08	Chuveiros penetrantes	15
09	Partícula alfa	13
10	As cascatas em raios cósmicos	5
11	A história do raio X	5
12	Reator nuclear	5
13	Descoberta dos raios cósmicos	5
14	As descobertas e atividades da física nuclear	4
15	Os raios cósmicos	4
16	Modelo atômico	4
	TOTAL DE RESPOSTAS	259

Tabela II - O que os alunos aprenderam

Item	Assunto	respostas
01	Física Nuclear	28
02	Chuveiros penetrantes	23
03	O méson pi	14
04	Nada ou muito pouco	13
05	Contribuições dos brasileiros para a física	10
06	A história da física	10
07	A importância do tema no cotidiano e suas aplicações tecnológicas	10
08	A complexidade e amplitude da física	9
09	Raios cósmicos	8
10	Descobertas científicas interessantes	6
11	Experiências em física moderna	5
12	Bomba nuclear	4
13	Câmara de Wilson	3
14	Radiação	3
15	Física Moderna	3
	TOTAL DE RESPOSTAS	149

Tabela III - O que você já conhecia

Item	Assunto	respostas
01	Nada	49
02	Física Nuclear	41
03	Estrutura do átomo	40
04	Bomba atômica	13
05	Raios cósmicos	9
06	Usina nuclear	4
07	Elétron	2
08	Partícula alfa	2
09	Próton	2
10	Nêutron	1

Tabela IV - Como ficou conhecendo?

Item	Meio	respostas
1	Na escola	23
2	Em revistas	13
3	Pela TV	9
4	Pelos jornais	7
5	Através de livros	2
6	Em casa	1
	Total de Respostas	55

Tabela V - O que gostaria que fosse aprofundado?

Item	Assunto	respostas
01	Raios cósmicos	52
02	Física nuclear	51
03	Chuveiros penetrantes	27
04	Méson pi	26
05	Aceleradores	13
06	Bomba atômica	12
07	Física experimental	5
08	Astrofísica	4
09	Descobertas brasileiras na física	3
10	Partículas subnucleares	3
11	César Lattes	2
12	O primeiro reator nuclear	2
	TOTAL DE RESPOSTAS	200

Tabela VI - Importância das pesquisas para os alunos

Item	Resposta	respostas
01	Para a exploração de novas fontes de energia	54
02	Para melhor utilização da energia nuclear	39
03	Para conhecer as bombas nucleares, seus efeitos e danos ao meio ambiente e ao ser humano	14
04	Maior compreensão da física	11
05	Aprofundar o conhecimento sobre os quarks e glúons do núcleo do átomo	8
06	Compreensão mais profunda do átomo	9
07	Melhor uso do raio X	8
08	Avanço tecnológico	5
09	Compreender a origem do universo	4
10	Compreensão da radiação	3
	Total de Respostas	155

Tabela VII - Diferença entre o conteúdo das exposições e das aulas em classe

Item	Resposta	respostas
01	As exposições mostram experiências modernas muito mais avançadas do que o que aprendemos em sala de aula	43
02	Tudo, pois ainda não aprendemos nada do que vimos nas exposições	24
03	Na aula aprendemos o básico. Na exposição vimos assuntos mais aprofundados	19
04	Na sala estamos aprendendo mais cálculos e teoria. Na exposição, nos mostra a física sendo usada na prática e no dia-a-dia	13
05	Os assuntos apresentados nos painéis são mais complexos do que aqueles vistos em sala de aula	12
06	As exposições são mais ilustrativas que as aulas	11
07	Na aula a física é mais prática e na exposição é mais teórica	3
08	Nenhuma	2
09	Na física que estamos estudando, a matéria aparece de repente para nós, e, nos painéis, sabemos a origem, quando e como surgiu. As duas tem a mesma finalidade: ensinar, apesar da matéria ser diferente	1
10	Muita, porque o que estamos estudando não tem nada a ver com a exposição	1
11	Uma enorme diferença, porque nas exposições nós podemos ver e apreciar, entendendo a matéria melhor que na aula que é muito monótona	1
	Total de Respostas	130

A maioria dos alunos que responderam aos questionários estavam na 1a. e 2a. série do 2o. grau. Muitos estavam estudando termologia e os outros, que já haviam estudado ótica e termologia, estudavam cinemática.

Luiz Fernando Marcondes, da 2a. série das turmas de humanas frisou "na exposição se percebe que a física é muito interessante e evoluída e o que nós estudamos é uma matéria mais básica, fácil e simples se comparada a atual. Outro aluno afirmou que os assuntos não deviam ser ensinados em física, "Faziam parte da química"!

A maioria observou que a física que eles viam nas exposições era mais atual, concreta, real e interessante, e não teórica e distante da prática e do cotidiano como aquela que eles viam nas suas aulas regulares. Contudo, vários ressaltaram a complexidade e a profundidade da física moderna em relação à que estudavam. Destacaram a dificuldade de compreender os assuntos expostos pelo fato de ter que se ler os painéis e não ter um professor ou monitor para explicar detalhadamente cada um, tirando as dúvidas.

O Que os Estudantes Querem Saber Mais

A maioria dos estudantes se interessou no aprofundamento dos assuntos exibidos. Os assuntos mais indicados foram : os chuviros penetrantes, a radiação cósmica, a física nuclear, o méson pi e a contribuição dos cientistas brasileiros na evolução da física. Vários outros assuntos foram citados em menor proporção, como, por exemplo: astrofísica, energia nuclear, bomba atômica e reator nuclear.

Constatamos que os estudantes manifestam um interesse especial com relação a tópicos de física nuclear e raios cósmicos, principalmente, aqueles assuntos mais próximos da sua realidade, despertando grande curiosidade neles. Menos de 5% disseram não querer aprofundar nada!

Conclusão

O objetivo deste trabalho foi o de levantar subsídios para a elaboração de uma proposta de ensino de física moderna, partindo-se do ensino de raios cósmicos, para o curso de física do 2o. grau. Esse trabalho é alvo da dissertação de mestrado que se encontra em fase final de elaboração. É fundamental que se tenha a dimensão do interesse dos alunos por esses assuntos e qual a visão que eles têm dos mesmos.

Verificamos que os alunos consideram os assuntos estudados regularmente como enfadonhos, por serem teóricos, distantes da sua realidade e extremamente matemáticos.

Einstein ressaltava que "a maioria das idéias fundamentais da ciência são essencialmente simples, e podem, via de regra, ser expressadas em linguagem compreensível a qualquer um. ... A matemática é necessária como instrumento de raciocínio se queremos tirar conclusões que podem ser comparadas com a experiência. Enquanto nos interessarmos apenas pelas idéias fundamentais na física poderemos evitar a linguagem matemática"(Einstein & Infeld, 1938).

Um dos professores participantes do curso frisou o grande interesse que esses assuntos despertam nos alunos e que esse é o melhor caminho para “revolucionarmos” o ensino da física!

Agradecimentos

Colaboraram com este trabalho as seguintes escolas: Escola Técnica Estadual Lauro Gomes - São Bernardo do Campo - SP; EEPSG Profa. Beatriz de Quadros - Campo Limpo - São Paulo; Colégio Arquidiocesano - Vila Mariana - São Paulo; EEPSG Dorvalino Abílio Teixeira - Jandira - SP; Colégio Pio XII - Morumbi - São Paulo; a cujos alunos e, especialmente, aos professores Pedro Ravelli, Maria Cristina da Silva Gomes, Caetano José de Lima, Célio de Almeida, Wolney Cândido de Mello; Edmilson Ribeiro e Djalma Nunes Paraná agradecemos profundamente pela atenção, profissionalismo e compromisso com a melhoria da educação dos nossos filhos.

Agradeço, especialmente, à Carla G. Böhmer, pelo apoio, sugestões e estímulo, que foram essenciais na realização deste trabalho.

Bibliografia

- EINSTEIN, A. & INFELD, L. 1938. *A Evolução da Física* (Zahar Editores, Rio de Janeiro, trad. de Giasone Reboá, 1980, 4a. edição).
- PEREIRA, O.S. *Os estudantes querem física nuclear e raios cósmicos* (Painel apresentado no XI Simpósio Nacional de Ensino de Física, Niterói, RJ, janeiro de 1995)

Anexos

1 - Questionário para as Palestras

- 1) O que você sabia sobre raios cósmicos antes da palestra?
- 2) E, agora, o que você entende por raios cósmicos?
- 3) O que mais lhe chamou a atenção na palestra?
- 4) Qual foi a importância das pesquisas em raios cósmicos para o desenvolvimento da física no Brasil?
- 5) Quais relações você poderia encontrar entre os raios cósmicos e a nossa vida?
- 6) Quais assuntos relacionados com física moderna você já estudou na escola?
- 7) De quais assuntos relacionados com física moderna você já ouviu falar pela TV?
- 8) Quais assuntos você gostaria que fossem acrescentados às aulas de física?
- 9) Você acha que o assunto raios cósmicos deveria ser incluído nas aulas de física? Por quê? Em caso afirmativo, de que forma?

10) O que você achou da palestra? Ótima/Boa/Regular/Ruim

2 - Questionário para as Exposições

- 1) O que mais chamou sua atenção nas exposições?
- 2) O que você aprendeu vendo as exposições?
- 3) Quais assuntos você já conhecia? Diga como ficou conhecendo cada um deles.
- 4) Qual a contribuição os cientista brasileiros deram à física?
- 5) Qual importância você vê nas pesquisas realizadas em física nuclear?
- 6) Que diferença você vê entre o que está sendo estudado nas aulas de física e o que você viu nas exposições?
- 7) Quais os termos científicos que você teve dificuldade de compreender?
- 8) Dos painéis expostos, qual (ou quais) tema(s) gostaria que fosse aprofundado?
- 9) Qual a importância que você vê para as pesquisas em raios cósmicos e física nuclear?
- 10) O que é: física nuclear, raios cósmico, um chuveiro em raios cósmicos, o méson pi?
- 11) Quantos painéis lhe despertaram a leitura?
 - a) Méson Pi () todos () alguns () nenhum
 - b) Física Nuclear () todos () alguns () nenhum
 - c) Chuveiros Penetrantes () todos () alguns () nenhum
- 12) Achou que a seqüência dos painéis foi de fácil entendimento?
 - a) Méson Pi () Sim () Não
 - b) Física Nuclear () Sim () Não
 - c) Chuveiros Penetrantes () Sim () Não

QUANTO TEMPO O TEMPO TEM ? DAS CONCEPÇÕES DE ALUNOS À ATUALIZAÇÃO DE PROFESSORES

Marcia Serra Ferreira, Marília Faria da Costa
Projeto Fundação/Setor Biologia - UFRJ
Centro de Ciências da Saúde (sala D-019) - Instituto de Biologia
Av. Brigadeiro Trompowsky, s/nº. Ilha do Fundão. CEP: 21941-590. RJ

Este trabalho surgiu de nossa permanente dificuldade em trabalhar com o tempo nas aulas de ciências do ensino fundamental. Sabemos que nossas vidas (e de nossos alunos) são particularmente gerenciadas por muitos tempos diferentes: o ano civil e os anos letivos de cada local onde lecionamos/estudamos, os bimestres e suas avaliações, nossos aniversários, os tempos de cada disciplina... Os mesmos 50 minutos que em uma aula passam tão rápido, na outra parecem jamais terminar. Como trabalhar com todas essas noções sem descontextualizá-las histórica e culturalmente? E, além disso, como ampliar nossa visão de tempo tanto na escala macro - tempo do Universo, tempo do Sistema Solar, tempo do planeta Terra, tempo da vida, tempo da nossa espécie - quanto microcós mica - formação dos primeiros átomos e vibração do átomo de cé sio, por exemplo.

Um excelente caminho seria começar por ouvir nossos alunos:

Tempo é uma palavra usada para determinar um certo espaço de horas, minutos, segundos ... Em outras palavras, tempo é uma criação do homem para determinar quanto tempo o tempo tem.

(Matheus, 13 anos, 6ª série)

A fala acima já explicita uma interessante percepção do tema: os dias, meses e anos não são divinos, mas criações humanas baseadas em observações dos astros e seus movimentos. O nome que cada dia ou mês recebeu tem estreita relação com contextos históricos sequer imaginados pelo homem moderno. Por que será, por exemplo, que o mês de fevereiro possui apenas 28 dias? Por que os meses de julho e agosto, tão próximos, possuem ambos 31 dias? Essas e muitas outras questões precisavam ser estudadas por nós e por nossos alunos, numa perspectiva que integrasse de forma multi, inter e transdisciplinar os vários conteúdos, usualmente apresentados de forma estanque e fragmentada, inclusive em disciplinas diferentes.

Nossa prática pedagógica foi sendo reinventada à medida que ampliamos nossos conhecimentos, mas isso ainda era pouco. Na busca de novos parceiros para discutir e construir esse trabalho, elaboramos e ministramos no Projeto Fundação/Setor Biologia (CAPES - PADCT - SPEC), na UFRJ, o curso de extensão *Quanto tempo o tempo tem?*, ministrado de março a agosto de 1996, com carga horária de 90 horas.

1. O ponto de partida: as idéias dos alunos

- curso foi pensado a partir da fala de nossos alunos: 77 alunos da 6ª série da Escola Municipal Madrid, e 56 alunos da 7ª e 8ª séries do Centro Integrado de Educação Pública (CIEP) Carlos Drummond de Andrade. Pedimos a esses alunos que escrevessem a primeira palavra que viesse à mente quanto escutassem a palavra tempo, que a representassem graficamente e, por fim, que tentassem definir o tempo. As palavras e desenhos foram agrupadas em categorias, conforme mostra a tabela abaixo.³⁴

Categoria	Desenho	Palavra
Dinheiro	cédula cifrão	dinheiro
Duração	não dá tempo	correria curto depressa dificuldade duração rápido vazio
Instrumentos de Medida	ampulheta bússola relógio	cronômetro ponteiro
Mudança	antigamente\hoje Desenvolvimento animal Desenvolvimento humano evolução evolução humana evolução tecnológica Germinação transformações ambientais	ação movimento mudança de estado passado passar dos anos presente planos futuros
Outros	batida boneco cigarro cubo com bolinhas Filhas luz Não identificado vulcão em erupção	casa espaço luz que tempo?
Perenidade	passa e nada muda	

³⁴ As definições de tempo não foram objeto de análise sistematizada neste primeiro momento. Apesar disso, foram utilizadas no auxílio da compreensão das palavras e desenhos.

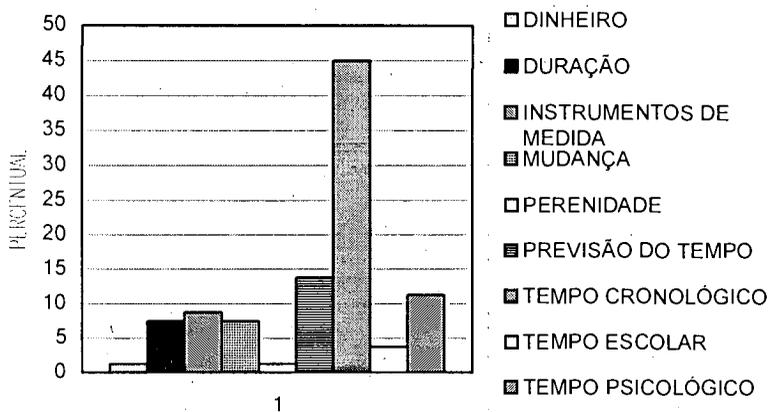
Previsão do tempo	chuva chuva e sol ensolarado nublado sol sol e chuva sol e nuvens Previsão do tempo	calor chuva chuva ou sol claro clima frio frio sem chuva nublado ruim sol
Representação matemática	conjunto vazio linha curva linha reta	
Tempo Astronômico	Estações do ano fases da Lua Sol/rotação Terra e Lua	Sol Sol e Lua
Tempo Cronológico	anos anos e séculos calendário dia e noite linha do tempo minutos passar das horas	ano dia história hora horário idade minutos
Tempo Escolar	tempo de aula	aula escola ir embora sair
Tempo psicológico	atividade boa passando rápido jogo de bola perda de tempo	alegria aproveitamento azul bom demora a passar felicidade imprevisível jogar bola se divertir maneiro namorar passeio no shopping praia ruim valioso
Vida	amor fúvoro coração	nascer vida

Tabela 1 - Desenhos e palavras de alunos e professores agrupados por categorias. Os termos escritos em letras maiúsculas representam as idéias de maior frequência.

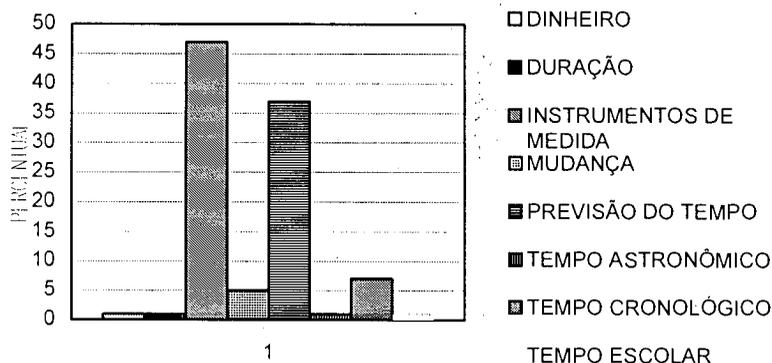
A primeira escola, localizada no bairro de Vila Isabel, zona norte da cidade, atende preferencialmente a crianças e adolescentes do próprio bairro. Já o CIEP, localizado em Jacarepaguá, zona oeste e mais rural do município, possui uma clientela de menor poder aquisitivo. Essas diferenças geográficas e sociais obviamente apontaram para a influência das experiências vividas nas concepções dos alunos sobre o tema.

Um exemplo dessa questão é a predominância da categoria *previsão do tempo* tanto nas palavras quanto nos desenhos dos alunos do CIEP. Isto obviamente se relaciona às condições de vida dessa comunidade, que anualmente sofre os mais drásticos efeitos das enchentes cariocas de verão. O próprio trabalho pedagógico desta escola deve reforçar a analogia entre tempo/*previsão do tempo*, já que se ocupa em muito dessa problemática durante boa parte do ano letivo (vide figura 2). Já na Escola Madrid, as palavras e desenhos mais frequentes tiveram estreita relação com o ritmo acelerado dos centros urbanos modernos; não é à toa que a palavra mais associada ao tempo foi a *hora*, e o desenho usado para representá-lo foi seu próprio instrumento de medida: o *relógio* (vide figura 1).

No entanto, mais do que enfatizar peculiaridades de cada escola, o que desejamos neste levantamento foi encontrar os vários olhares sobre o tempo. A análise dos resultados tempo/palavra e tempo/desenho nos permitiu concluir, portanto, que os dois grupos de alunos, a despeito de todas as diferenças, são riquíssimos em suas concepções, demonstrando possuírem múltiplas idéias sobre uma mesma questão: o tempo.

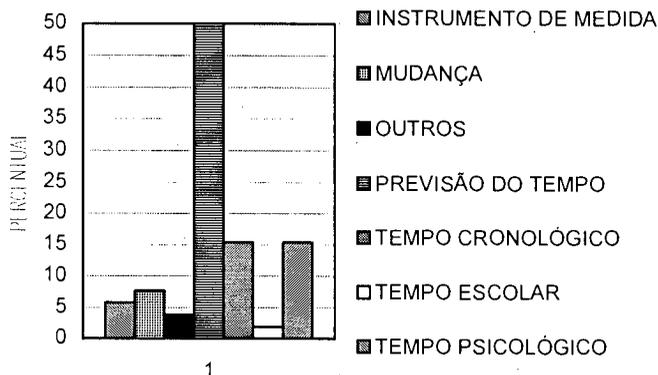


Tempo/palavra



Tempo/desenho

Figura 1 - Representações de Tempo da Escola Municipal Madrid. O primeiro gráfico refere-se às primeiras palavras dos alunos; o segundo diz respeito aos desenhos destes.



A partir deste material, emergiram onze categorias que serviram de base para o planejamento do curso. São elas: dinheiro, duração, instrumentos de medida, mudança, perenidade, previsão do tempo, tempo astronômico, tempo cronológico, tempo escolar, tempo psicológico e vida (vide tabela 1).

De posse dessas categorias, elaboramos/realizamos uma primeira oficina para professores³⁵. O objetivo desta foi colocar em prática atividades que já havíamos planejado para o curso, na perspectiva de poder discutí-las com outros educadores. Na oportunidade, realizamos o mesmo tipo de sondagem que havíamos feito com nossos alunos. As palavras e desenhos destes e dos demais professores posteriormente atendidos também se encontram incluídas e categorizadas na tabela 1.

³⁵ Oficina *Quanto Tempo o Tempo Tem ? - 25'* Encontro do Projeto Fundão - 1995 (04 horas).

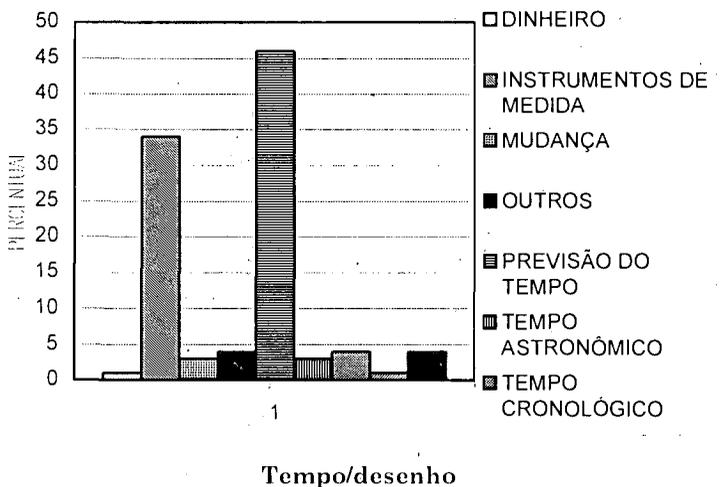


Figura 2 - Representações de Tempo do CIEP Carlos Drumond de Andrade. O primeiro gráfico refere-se às primeiras palavras dos alunos; o segundo diz respeito aos desenhos destes.

Desde então, este trabalho vem dando frutos. Já realizamos uma segunda oficina³⁶ que, apesar de mantido o nome, foi bastante diferente da primeira. Afinal de contas, já havíamos ministrado o curso de extensão, o que nos fez obrigatoriamente rever aquele primeiro momento. Além disso, ministramos pela Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro dois cursos de 20 horas para professores³⁷. Em todas essas ocasiões, iniciamos as atividades realizando a mesma sondagem anteriormente feita com alunos e professores, só depois comparando seus trabalhos com os resultados anteriores.

2. A fala dos professores

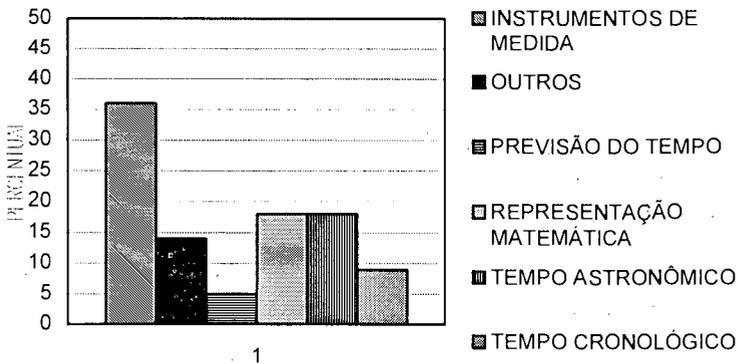
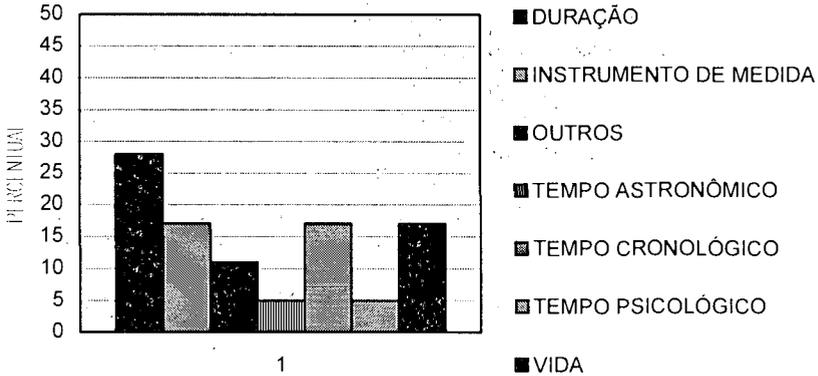
Entre os professores surgiram as categorias duração, instrumentos de medida, previsão do tempo, representação matemática, tempo astronômico, tempo cronológico, tempo psicológico e vida (vide tabela 1). Observem que aqui emergiu um número menor de categorias - apenas oito - quando comparadas àquelas dos alunos. A representação matemática só apareceu entre os professores. Por outro lado, as palavras relacionadas à categoria duração foram muito mais enfocadas por este grupo, sempre relacionadas à correria e falta de tempo da vida moderna. Estes usualmente ligaram o tempo a palavras que exprimem suas dificuldades em administrá-lo, bem como à sua medição e ordenação. O prazer (tempo psicológico, que para os alunos é algo bastante presente e

³⁶ Oficina *Quanto Tempo o Tempo Tem?* - Espaço UFF de Ciências, maio de 1996 (03 horas).

³⁷ Curso *Quanto Tempo o Tempo Tem?* - SME/RJ, em outubro/novembro de 1996.

significativo) e a vida foram representações pouco significativas (não aparecem no gráfico *tempo/desenho* - figura 3), enquanto que categorias como dinheiro, mudança, perenidade e tempo escolar sequer foram lembradas (vide figura 3). Foi tarefa do curso resgatar essas categorias não só como temas de estudo, mas principalmente como questões fundamentais do processo de ensino-aprendizagem.

Tempo/palavra



Tempo/desenho

Figura 3 - Representações de Tempo dos Professores atendidos nos cursos e oficinas. O primeiro gráfico refere-se às primeiras palavras dos professores; o segundo diz respeito aos desenhos destes.

3. Considerações finais

Essas diferenças nas concepções de alunos e professores apontam para a distância entre aquilo que planejamos e o que se realiza no espaço escolar. Uma aula que só leva em conta as idéias e conteúdos do professor não considera que o processo educativo é essencialmente interativo, e

que, portanto, é construído por todos que dele participam. Foi um dos objetivos dos cursos e oficinas o resgate dessa questão.

O curso despertou um efetivo interesse dos professores em repensar/modificar suas práticas pedagógicas. Isto foi percebido em vários momentos, quando os professores traziam trabalhos realizados em sala a partir das idéias do curso e/ou inspirados por ele. De algum modo, acreditamos que professores/alunos ampliaram suas visões, principalmente de duas formas: em primeiro lugar, por explicitar um conhecimento informal de alunos e professores usualmente desconsiderado em nossas aulas e, por fim, por atualizá-los teórica e metodologicamente em vários conteúdos escolares sob a ótica do tempo, desde a sua gênese até as noções de tempo astronômico, geológico, cronológico, biológico e psicológico.

Pudemos constatar que a compreensão dos vários tempos não é uma dificuldade só dos alunos; questões que imaginávamos enfocar à nível metodológico tiveram que ser revistas também à nível conceitual, por exemplo. Por outro lado, o tempo se mostrou um elo bastante interessante na ligação de conteúdos usualmente dissociados, articulando conhecimento e vida não só no ensino de ciências, mas perpassando várias áreas do saber, tais como a geologia, a cosmologia, a cronobiologia, a ecologia e a psicologia, entre outras (vide programa do Curso de Extensão em anexo).

Anexo

- Programa do Curso de Extensão

Quanto tempo o tempo tem ?

Cada um com seu Tempo

A importância das concepções alternativas para o ensino de Ciências

Concepções alternativas de professores e alunos sobre tempo

O Tempo da Terra

A história do planeta: as Eras Geológicas

O planeta não pára: a Tectônica de Placas

O registro do tempo nas rochas: tipos e métodos de datação

O tempo da vida

A evolução dos seres vivos

O registro do tempo nos seres vivos : os fósseis

O tempo nos astros

O início do tempo: Big Bang e Universo em expansão

O destino final: Universo estacionário ou Big Crunch?

O tempo das estrelas: nascimento, vida e morte

Buracos Negros

O movimento marca o tempo

Dias e noites

Quanto Tempo o tempo tem?...

Fases da Lua

Eclipses

Estações do Ano

Constelações do Zodíaco

O homem conta o tempo

Calendários

Instrumentos de medida: Gnômon, Clepsidra, Ampulheta e Relógios

(mecânicos, eletrônicos e atômicos)

O tempo do homem

O tempo de cada um : os ritmos biológicos

As marcas do tempo : o envelhecimento

O tempo na escola

O tempo nas outras disciplinas: a Matemática, a História e a Geografia

O homem marca o ambiente

Os efeitos da ação humana sobre o meio ambiente

Avaliação

UM INSTRUMENTO PARA DETECTAR CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA

João Batista Siqueira Harres (*jbharres@fates.tche.br*)
Fundação Alto Taquari de Ensino Superior, Lajeado, RS

Introdução

Um dos objetivos principais, se não o principal, do ensino de Ciências é o de propiciar que o estudante adquira uma visão adequada sobre a natureza da Ciência. É muito importante que, como resultado do ensino, os estudantes possuam um entendimento adequado sobre a Ciência, tanto nos seus aspectos internos (sobre como funciona a comunidade científica, sobre como fatos experimentais se relacionam com teorias, etc.); como nos seus aspectos externos (sobre como um conhecimento é validado, sobre como é feita a demarcação entre um conhecimento científico e um não-científico, etc.).

O atendimento deste objetivo poderá levar o estudante a construir uma visão mais humana da Ciência, superando visões distorcidas tais como: a Ciência possui validade intrínseca; a Ciência é neutra, do ponto de vista social, político, econômico, etc.; a Ciência é por si só um critério de verdade; a Ciência está apartada de qualquer sentimento que não seja lógico, frio, racional, apartada, enfim, do humano; a evolução da Ciência é contínua e ilimitada no crescimento; o método da Ciência é único, etc. (Hodson, 1985).

Do início deste século para cá, vários filósofos/epistemólogos dedicaram-se a analisar, de modo mais acurado, ao que hoje chamamos de Ciência. Estes pensadores passaram a questionar a visão de Ciência forjada nos séculos anteriores e cujas características se assemelham às concepções inadequadas descritas acima. Na lista destes autores destacam-se, evidentemente, Popper e Kuhn.

Embora partissem de pressupostos diferentes, excludentes entre si em muitos aspectos, há um aspecto em que praticamente todos filósofos da Ciência concordam: uma compreensão correta sobre a Ciência implica na rejeição da visão comumente apontada pelos meios de comunicação, por livros didáticos, por professores de ciências e até pelos próprios cientistas: objetiva, neutra, não-emocional e, principalmente, tomando as evidências experimentais como ponto de partida (Silveira, 1990). A Ciência é uma atividade humana como tantas outras. Em outras palavras, a Ciência não tem uma existência independente do homem. Conforme Thuilleir (1994), "o quadro encantador requer alguns retoques" (p.29).

Apesar do relevante trabalho destes pensadores, parece que o ensino de Ciências não foi atingido por estas idéias. Tentando identificar Concepções sobre a Natureza da Ciência (CNC) que carregam estudantes,

professores e propostas curriculares; várias pesquisas, ao longo de muitos anos, tem detectado uma visão inadequada da Ciência: marcadamente indutivista-empirista, pouco contextualizada e inadequada não só para o conhecimento científico mas para o conhecimento em si (Praia e Cachapuz, 1994; Ledermann, 1992; Matthews, 1995; Griffiths e Barman, 1995).

Na tentativa de fazer com que o estudante compartilhe uma visão mais adequada sobre a natureza da Ciência é necessário, antes de tudo, que o professor também a compartilhe. Este trabalho tem a intenção de verificar em que medida estas concepções inadequadas, especialmente a visão indutivista-empiricista (IE) sobre a natureza da Ciência estão presentes na visão de professores da área de ciências.

Metodologia

Foi elaborado um questionário anexo contendo 25 itens inicialmente e aplicado em um grupo de 25 professores de ciências de 5^ª a 8^ª séries do 1^º grau e de 14 professores de física de 2^º grau. Em cada item do questionário era solicitado que o professor opinasse sobre a extensão de sua concordância ou discordância em uma escala tipo-Likert de cinco pontos com afirmativas a respeito da natureza da Ciência.

As afirmativas constituintes de cada item eram basicamente oriundas de duas perspectivas diferentes do ponto de vista da filosofia da Ciência. De um lado afirmativas concordantes com a visão indutivista-empiricista, doze ao todo, e de outro afirmativas que poderíamos chamar anti-indutivista-empiristas, treze no total. Para a construção do escore total atribuiu-se 1, 2, 3, 4 e 5 pontos, respectivamente, para a concordância decrescente com a perspectiva indutivista-empirista e 5, 4, 3, 2 e 1 ponto, respectivamente, para a concordância com a perspectiva racionalista.

Estas últimas, na tentativa de ser coerente com o debate filosófico atual entre diferentes concepções sobre a Ciência - como as de Popper e Kuhn, por exemplo - foram construídas de tal forma que, no seu todo, permitam o estabelecimento de sua oposição ao indutivismo-empiricismo mas não a vinculação direta com qualquer uma de outras visões não indutivistas e que são conflitantes entre si em muitos aspectos.

Os itens do questionário abrangiam os seguintes aspectos sobre a natureza da ciência: método científico, evolução do conhecimento científico, demarcação entre conhecimento científico e não-científico, status do conhecimento científico.

A fidedignidade da construção dos escores totais com 25 itens foi baixa (coeficiente alfa de Cronbach = 0,39). Por isso, na busca da construção de um instrumento mais fidedigno eliminou-se 9 itens cujos itens apresentaram um baixo índice de correlação com o escore total.

Do total de 16 itens restantes, 9 eram compostos de afirmativas concordantes com uma perspectiva indutivista-empirista e 7 eram

compostos de afirmativas concordantes com a perspectiva racionalista. Os itens da nova versão do questionário ficaram distribuídos, em relação aos aspectos sobre a natureza da ciência investigados, da seguinte maneira: método científico - 6 itens, evolução do conhecimento científico - 5 itens, demarcação entre conhecimento científico e não-científico - 2 itens, status do conhecimento científico - 3 itens.

Assim, retirando-se 9 itens e considerando-se os professores divididos em dois grupos relativos ao grau de ensino, obteve-se os resultados apresentados na tabela abaixo. A diferença entre os escores dos grupos oriundos de diferentes níveis de ensino é estatisticamente significativa em nível inferior a 1%.

Tabela 1 - nº de indivíduos, escore médio e desvio padrão por grupo de professores

Grupo	Nº de Indivíduos	Escore médio	Desvio padrão
1º Grau	25	45,1	4,9
2º Grau	14	56,1	6,4

Considerando-se o grupo total de professores, a fidedignidade da construção dos escores totais medida pelo coeficiente alfa de Cronbach, alcançou nesta nova versão do questionário 0,70. Mesmo assim, este coeficiente deve ser visto ainda com restrições pois, para alguns itens do questionário, o índices de correlação entre o item e o escore total

Também é baixo, de formas que o valor do coeficiente alfa calculado pode ter sido obtido por acaso. A Tabela 2 abaixo apresenta a análise de consistência interna do instrumento, indicando também a perspectiva racionalista ou empirista de cada item.

Tabela 2 - perspectiva, escore médio, desvio padrão e índice de correlação item-total por item do questionário

Item	Perspectiva +	Escore Médio	Desvio Padrão	Índice de Correlação
1	E	3.21	1.08	0.32*
2	R	3.95	0.79	0.25
3	E	2.64	1.12	0.53**
4	R	4.21	0.98	0.34
5	E	2.56	0.99	0.45**
6	E	2.51	1.34	0.84**
7	R	3.67	0.66	0.14
8	E	2.56	1.35	0.74**
9	E	2.79	0.98	0.50**
10	E	2.87	1.08	0.50**
11	R	3.15	0.96	0.19
12	E	2.49	0.94	0.63**
13	R	3.51	0.85	0.37*
14	R	3.10	1.05	0.51**
15	R	3.33	1.20	0.38*
16	E	2.69	1.22	0.48**

- + E - perspectiva empirista e R - perspectiva racionalista
- * Estatisticamente significativo em nível inferior a 5%
- ** Estatisticamente significativo em nível inferior a 10%

O escore médio do grupo total de professores situou-se em 49 pontos, muito próximo da posição mediana da escala (48 pontos pois os limites inferior e superior eram 16 e 80 pontos). Isto demonstra que uma atração não desprezível foi exercida pelas afirmativas de cunho empirista e também que, por outro lado, as afirmativas racionalistas, mais adequadas do ponto de vista epistemológico, são vistas com alguma restrição.

A seguir mostramos alguns exemplos de concepções inadequadas sobre a natureza da Ciência evidenciadas pelas respostas ao questionário. Apresenta-se uma para cada um dos aspectos investigados:

Sobre o método científico que abrangia os itens 2, 3, 6, 7, 15 e 16, a afirmativa que obteve a maior concordância média (4 pontos aproximadamente numa escala de 1 a 5 pontos) foi a de número 2, de perspectiva racionalista. No aspecto evolução do conhecimento científico, contemplado nos itens 1, 4, 8, 11 e 13, a afirmativa de maior concordância foi o item de nº 4, também de perspectiva racionalista, com 4,2 pontos. A visão dos docentes investigados sobre a demarcação entre conhecimento científico e não-científico, abrangida pelos itens 9 e 12, apresentou maior concordância com a afirmativa do item nº 7. Por fim, entre os itens restantes (5, 10 e 14) relativos ao 'status' do conhecimento científico, destaca-se a afirmativa "Evidência acumulada cuidadosamente resulta em conhecimento válido" com 3,8 pontos de concordância.

Finalizando esta análise, percebe-se que os resultados permitem afirmar a presença, na opinião destes professores, de concepções sobre a natureza da Ciência certamente inadequadas do ponto de vista do estado atual dos estudos em filosofia da Ciência. Embora tenha havido uma certa incoerência nas respostas dos professores, expressa por uma concordância, dos mesmos sujeitos ao mesmo tempo com as duas perspectivas epistemológicas, detectou-se que a visão indutivista-empiricista exerceu uma atração significativa sobre a opinião do professor.

Para uma validação mais ampla do instrumento, a versão final do questionário nesta pesquisa deverá posteriormente ser aplicado em um grupo maior de professores de Ciências e em um grupo de professores de 2º e 3º graus cujos estudos de pós-graduação contemplaram o atendimento do ataque à perspectiva indutivista-empirista da filosofia da Ciência.

Implicações para o ensino

Os resultados sugerem que a questão das concepções sobre a natureza da Ciência merece maior atenção. De um lado, várias pesquisas detectaram que os estudantes tem sérias lacunas a respeito (Ledermann, 1992). Da parte dos professores, como apontado nesta pesquisa, também verificou-se que há problemas. Assim, os cursos de formação e os programas de treinamento devem considerar a necessidade de incluir essas

discussões filosóficas epistemológicas, tão intensas no nosso século, visando superar a visão tradicional de Ciência, forjada fundamentalmente no século passado e ainda muito presente no ensino de Ciências.

Nesta mesma direção, sugere-se também que o próprio professor busque leituras atualizadas a respeito, procurando entender as análises históricas que mostram a inadequação das visões comumente disseminadas sobre a Ciência.

Referências bibliográficas

- GRIFFITHS, A.K. & BARMAN, C.R. High school student's views about the nature of science results from three countries. **Sch.Sci.Mat.**, 95(5):220-234, 1995.
- HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. **Stu. Sci.Edu.**, 12:25-57, 1985.
- LEDERMANN, N.G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Jour.Res.Sci.Tea.**, 29(4):331-359, 1992.
- MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad.Cat.Ens.Fís.**, 12(3):164-214, 1995.
- PRAIA, J. & CACHAPUZ, F. Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. **Ens.Cien.**, 12(3):350-354, 1994.
- SILVEIRA, F.L. A filosofia da ciência de Karl Popper e suas implicações no ensino de ciências. In: MOREIRA, M.A. & AXT, R. **Tópicos em ensino de ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1990.
- THUILLIER, P. **De Arquimedes à Einstein**. Rio de Janeiro: Zahar, 1994.

Anexo

Questionário sobre conhecimento científico

Você deve posicionar, em uma escala de cinco pontos, a extensão de sua concordância ou discordância com cada afirmação.

Os cinco pontos são:

Concordo Fortemente (CF);

Concordo (C);

Indeciso (I);

Discordo (D);

Discordo Fortemente (DF).

Você deve fazer um círculo ao redor da(s) letra(s) que melhor expressa(m) a sua opinião. Evite marcar muitas vezes INDECISO.

Posicione-se em todas as afirmações com máxima sinceridade. Muito obrigado pela sua colaboração.

1.A evolução do conhecimento científico é mais acúmulo de observações do que a reformulação repetida de leis, princípios e teorias científicas.	CF	C	I	D	DF
2.É possível a seguinte seqüência de etapas na investigação científica: conhecimentos teóricos, delimitação do problema, elaboração de hipóteses, testagem experimental, novos problemas.	CF	C	I	D	DF
3.Leis e Princípios científicos são induzidas por observações realizadas pelos investigadores.	CF	C	I	D	DF
4.Leis, princípios e conceitos comungados hoje pela comunidade científica podem, no futuro, mudarem em função de novas evidências experimentais.	CF	C	I	D	DF
5.Evidência acumulada cuidadosamente resulta em conhecimento válido.	CF	C	I	D	DF
6.Observações científicas são o ponto de partida para a elaboração das Leis e Princípios em ciência.	CF	C	I	D	DF
7.Concepções pseudo-científicas ou metafísicas podem, por vezes, direcionar a pesquisa científica para resultados relevantes.	CF	C	I	D	DF
8.O aspecto mais importante na evolução do conhecimento científico são os novos experimentos e as novas observações.	CF	C	I	D	DF
9.Ciência se distingue de pseudo-ciência ou da metafísica devido a seu método empírico, isto é, parte da observação e experimentos para a elaboração de leis e princípios.	CF	C	I	D	DF
10. O maior valor da Ciência são os detalhes factuais.	CF	C	I	D	DF
11.É possível existir mais de um conjunto de leis e princípios que expliquem uma mesma coleção de evidências experimentais.	CF	C	I	D	DF
12.Conhecimento científico é uma coleção sistemática de evidências experimentais.	CF	C	I	D	DF
13.Leis, Princípios e modelos que contradizem observações experimentais podem ser aceitas durante algum tempo pela comunidade científica.	CF	C	I	D	DF
14.Um conhecimento pode ser científico mesmo que não seja possível comprová-lo experimentalmente.	CF	C	I	D	DF
15.Descobertas científicas são mais achados do que propriamente descobertas, pois sempre confirmam ou contrariam uma expectativa teórica anterior.	CF	C	I	D	DF
16.O modo como a ciência produz conhecimento segue necessariamente a seqüência: observação de fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental da hipótese, conclusões, generalização.	CF	C	I	D	DF

VISÕES DE MUNDO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS: APLICAÇÃO NO BRASIL DO QUESTIONÁRIO DE OGUNNIYI E OUTROS

João Batista S. Harres¹ (jbharres@fates.tche.br)

Paulo R. Frota² (prfrota@ced.ufsc.br)

José Augusto C. M. Sobrinho²

1- FATES

2- UFSC

1 - Introdução

O trabalho de Ogunniyi e outros (1995) se insere dentro da atenção crescente que a área de estudos de construtivismo contextual tem recebido de educadores do mundo inteiro. Considerando como geral, entre os educadores de ciências, a consciência de que o *"estudo de ciências é condicionado em alto grau pelas visões de mundo prevalecentes em seu ambiente sócio-cultural"* (p.817), os autores tentaram identificar os pressupostos de visão de mundo sustentados por professores de ciências, uma vez que estes possuem um papel importante na educação científica. Estes *"... determinam o sucesso de um currículo e conscientemente ou inconscientemente moldam a natureza da informação convertida aos alunos."* (p.819)

2 - O Instrumento

Os autores construíram um questionário, em anexo, composto de oito estórias fictícias seguidas, cada uma, de cinco afirmativas que o professor deveria concordar, discordar ou manifestar-se sem opinião.

As estórias envolviam os seguintes assuntos:

- os desaparecimentos no Triângulo das Bermudas;
- relatos de sondas espaciais sobre o brilho de certos materiais com a aproximação de seres humanos;
- tratamento de doenças por curandeiros indígenas;
- percepção pelos animais, mais rapidamente que humanos, de mudanças no meio ambiente;
- premonição (visão de alguém a muito tempo distante em quem a uma hora atrás estávamos pensando);
- relatos de pessoas que estiveram em coma;
- germinação acelerada por campos magnéticos;
- observação à distância de um fenômeno estranho.

Sobre cada estória eram apresentadas 4 ou 5 afirmativas que o professor devia escolher entre marcar 'Concordo', 'Discordo' ou 'Sem Opinião'. Cada afirmativa estava enquadrada dentro de uma das seguintes categorias que continha entre 7 a 12 afirmativas.

- a) Magia e misticismo - Força controladora que do mundo que produz efeitos sobrenaturais) e atração a mistérios inexplicáveis (afirmativas 1.4, 1.5, 2.2, 2.4, 5.1, 7.2 e 8.4)
- b) Metafísica, parapsicologia e pseudociência - Aparentemente noções científicas, mas contendo concepções errôneas (afirmativas 3.1, 3.2, 4.1, 5.2, 5.4, 6.2, 6.3, 6.4 e 8.1)
- c) Espiritismo - Atração à noção do estado em separado do corpo físico (afirmativas 1.1, 1.3, 3.3, 4.3, 4.4, 4.5, 6.5, 7.3 e 8.3)
- d) Racionalismo e ciência - Atração ao mecanicismo, reducionismo, formismo, objetivismo, empirismo, etc. (afirmativas 1.2, 2.1, 3.4, 4.2, 5.3, 6.1, 7.1, 7.4, 8.2 e 8.5).

Na pesquisa original, este questionário foi aplicado em 215 professores de países não-ocidentais (Botswana, Indonésia, Japão, Nigéria e Filipinas) e os autores apresentam resultados para cada um dos países e para cada uma das categorias descritas acima.

3 - Amostra

A amostra da nossa investigação era composta de 99 professores, sendo 36 do Rio Grande do Sul, 32 de Santa Catarina, 5 do Maranhão, 9 do Rio Grande do Norte e 17 do Piauí. A metade aproximadamente tinha idade entre 28 a 32 anos e 60% da amostra lecionava a mais de 5 anos. A Tabela 1, abaixo, apresenta outros dados sobre a composição da amostra.

Tabela 1 - Sexo, grau de Instrução, grau e Disciplina de Atuação predominantes por região

		Sul	Nordeste	Total
Sexo	Mas.			37
	Fem.			62
Grau de Instrução	3º em curso	18	11	29
	Lic. Curta	26	10	36
	Lic. Plena	18	6	24
	Pós	6	4	10
Grau de Atuação Predominante	1º	26	4	30
	2º	35	20	55
	3º	7	7	14
Disciplina de atuação predominante	Fís.	16	20	36
	Quím.	13	2	15
	Biol.	6	6	12
	Ciën.	33	3	36

4 - Análise dos Dados e Conclusões

Inicialmente deve-se dizer que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os professores das duas regiões. Assim, nas análises posteriores o grupo todo foi tomado como representando as visões de mundo de professores brasileiros.

A Tabela 2 mostra a porcentagem de respostas indicando concordância, discordância e sem opinião da amostra brasileira e da amostra não-ocidental de Ogunniyi e outros por categoria do questionário.

Tabela 2 - Porcentagem Média, Concordância, Discordância e sem opinião para as amostras brasileira e não ocidental

Categoria	Brasileira			Não-Occidental		
	C	D	SO	C	D	SO
Magia e Misticismo	33	47	20	25	53	20
Metafísica, Parapsicologia e Pseudociência	42	23	34	43	31	26
Espiritismo	19	58	23	27	52	21
Racionalismo e ciência	44	30	26	35	43	22

C - Concordo

D - Discordo

SO - Sem Opinião

No trabalho de Ogunniyi e outros os dados são apresentados por país. Não são apresentados os desvios-padrão das porcentagens médias e nem uma medida da fidedignidade da construção das porcentagens (coeficiente alfa de Cronbach, por exemplo). A totalização da amostra não-ocidental foi feita por nós.

Para a amostra brasileira calculou-se os desvios-padrão das porcentagens médias e o coeficiente alfa de Cronbach para a construção das porcentagens de concordância (Tabela 3).

Tabela 3 - Porcentagem média, desvio padrão e coeficiente de fidedignidade, discordância e sem opinião da amostra brasileira por categoria

	Concordância			Discordância			Sem Opinião		
	S _x								
Magia e Misticismo	33	18	0,34	47	21	0,44	20	19	0,49
Metafísica, Parapsicologia e Pseudociência	42	25	0,65	23	21	0,62	34	27	0,77
Espiritismo	19	14	0,48	58	24	0,70	23	22	0,68
Racionalismo e Ciência	44	20	0,6	3	18	0,58	26	20	0,68

- Porcentagem Média

S_x - Desvio-padrão da porcentagem média

- Coeficiente alfa de Cronbach

Observou-se que os níveis de concordância, discordância e sem opinião apresentam, em geral, desvios-padrão das porcentagens médias

muito altos se comparados com a própria porcentagem média. Isto indica uma grande variação na opinião do professor, ele parece usar diferentes, ou até mesmo conflitantes, visões de mundo para concordar ou discordar de uma explicação. Talvez, por isso, os coeficientes de fidedignidade não sejam altos, variando entre 0.77 e 0.34.

Assim, as comparações entre os dois grupos ficam bastante prejudicadas pois resulta difícil avaliar se as diferenças encontradas são estatisticamente significativas. E mais, devida à baixa fidedignidade, não se deve confiar demasiadamente nos valores apresentados como fiéis representantes das visões de mundo e das diferenças entre elas. De qualquer modo, alguma comparação pode ser feita, considerando-se estas limitações dos dados e tomando de modo muito genérico os resultados.

Por exemplo, quanto às explicações mágicas e místicas para as histórias apresentadas pela amostra brasileira e pela amostra não-ocidental, verificou-se que os professores brasileiros parecem concordar mais (e discordar menos).

Já na segunda categoria (metafísica, parapsicologia e pseudociência) os resultados dos dois grupos é muito semelhante. Além disso, a amostra não-ocidental apresentou uma variação muito grande de país para outro. Talvez, isto seja resultado de uma conjunção inadequada da explicações de natureza diferentes, pois explicações pseudo-científicas mesmo não sendo corretas podem ser racionais. O alto desvio padrão da concordância e a mais alta porcentagem de sem opinião encontrados nesta categoria parecem evidenciar a deficiência de sua construção.

Quanto ao racionalismo e ciência, verificou-se uma concordância maior (e discordância menor) de nossa amostra em relação à amostra não-ocidental, o quê parece concordar com o artigo original onde os autores defendem que os habitantes de regiões não-ocidentais, mesmo quando ensinam Ciências, podem, no seu íntimo, conviver com dificuldades com as explicações racionais e científicas para os fenômenos.

Por último, na categoria espiritismo, a concordância da amostra não-ocidental foi maior que a brasileira, embora a discordância tenha sido semelhante.

Concluindo, não esquecendo as deficiências do instrumento de coleta de dados, poderia-se dizer que os professores brasileiros são mais místicos, menos espiritualistas e mais racionais que os não-ocidentais.

Adicionalmente, para a amostra brasileira, procedeu-se uma análise da variância dos três níveis de respostas para cada uma das quatro categorias em relação às variáveis sociais e acadêmicas. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nos níveis concordância, discordância e sem opinião em nenhuma das quatro categorias de investigação (magia e misticismo; metafísica, pseudociência e parapsicologia; racionalismo e ciência; espiritismo) quanto à idade, nível de instrução, área e tempo de atuação (bem como à região de origem, como mencionado anteriormente).

Diferenças estatisticamente significativas, em nível inferior a 5%, só apareceram nas variáveis grau de ensino e sexo. As análises a seguir também devem ser vistas com alguma restrição dado a fidedignidade não muito alta da construção dos escores percentuais médios.

No que diz respeito ao grau de ensino, percebe-se que os professores de segundo grau concordam mais com explicações racionais do que professores de primeiro grau. Estes últimos também discordam mais de explicações espíritas que os professores de terceiro grau.

Quanto ao sexo do professor, diferenças apareceram nas categorias metafísica, parapsicologia e racionalismo e ciência. Entretanto, estas diferenças corresponderam sempre no nível de sem opinião, de formas que não é possível fazer maiores considerações.

5 - Conclusões

Por fim, cabe destacar algumas críticas que podem ser feitas ao trabalho de Ogunniyi e outros. Estas críticas referem-se especialmente quanto a construção e a análise do questionário. Sua principal deficiência, nos parece ser, permitir que aquele que o responde, apenas manifeste sua concordância ou não em relação às diferentes visões de mundo. Quem responde ao questionário não é obrigado a optar entre uma categoria e outra de explicação das histórias. Como ele pode concordar com diferentes visões de mundo para uma mesma história, fica muito difícil verificar em que medida esta ou aquela visão de mundo é apresentada por ele. Isto pode ser comprovado em nossa amostra pelo fato de os coeficiente de fidedignidade da construção das porcentagens médias encontrados não terem sido muito altos.

Outra crítica que pode ser feita e que já foi mencionada anteriormente, diz respeito à análise dos dados apresentadas pelos autores. As comparações feitas entre as porcentagens dos três níveis de respostas não são seguidas pela apresentação dos correspondentes desvios-padrão. Isto é, não foi verificada se as diferenças observadas eram estatisticamente significativas ou não.

A construção das categorias pelo agrupamento das afirmativas também pode se criticada. Como já mencionado, talvez seja difícil afirmar que uma afirmativa pertence a categoria metafísica, parapsicologia e pseudociência e não a de racionalismo e ciência. Explicações científicas atuais foram, muitas vezes, pseudo-científicas ou até metafísicas em outras épocas. Em outras palavras, parece que a pesquisa original não considera de modo adequado as discussões atuais da epistemologia e da filosofia da Ciência.

Apesar das deficiências apontadas acima, deve-se enaltecer os autores pelo mérito de criarem um instrumento muito interessante, preocupado em identificar se aquilo que os professores de ciências ensinam é diferente daquilo que acreditam e praticam fora da escola.

Seguindo na mesma linha, estamos trabalhando para desenvolver este instrumento de modo a torná-lo mais fidedigno na avaliação dos pressupostos de visões de mundo.

Referência Bibliográfica

OGUNNIYI, M.B.; JEGEDE, O.J.; OGAWA, M.;YANDILA, C.D.;
OLADELE, F.K. Nature of worldview pewsuppositions among
science teachers in Bottswana, Indonesia, Japan, Nigeria and
the Philippines. **J.Res.Sci.Tea**, 32(8):817-831, 1995.

CLUBE DE ASTRONOMIA COMO ESTÍMULO PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS E FÍSICA

Rute Helena Trevisan¹ (*trevisan@npd.uel.br*)

CleitonJoni Benetti Lattari² (*cleiton@npd.uel.br*)

1- Departamento de Física - Universidade Estadual de Londrina - UEL

2- Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis - IMESA

Com a organização da sociedade moderna, tendo como pilar as bases do desenvolvimento tecnológico o Homem tem no espaço um grande laboratório de pesquisa e aprendizado. Muito do que hoje temos, devemos à corrida espacial e ao seu desenvolvimento. É fato corrente, na imprensa falada e escrita notícias a respeito de novas descobertas no campo da astronomia.

As propostas curriculares das escolas públicas (1,2,3) trazem temas relacionados à Astronomia de forma que torna-se de fundamental importância o aprendizado de seus princípios básicos. A formação de clubes e associações por alunos dos cursos de Ciências e Física, interessados pelo assunto, ajuda o desenvolvimento do aprendizado além de direcionar as suas expectativas no tocante ao ensino-aprendizagem quando estes estiverem em sala de aula. O estímulo está em perceber o carácter interdisciplinar de sua instituição, favorecendo assim um lado social e de aprendizado do método científico além de estimular o desenvolvimento de uma consciência holística.

O Clube de Astronomia e seu objetivo

A criação de um Clube de Astronomia tem os seguintes objetos:

- 1.Desenvolver o espírito científico;
- 2.Despertar nos jovens o interesse pela Ciência;
- 3.Tornar os jovens mais aptos para o aprendizado das matérias científicas;
- 4.Orientá-los em sua vocação;
- 5.Prepará-los para a evolução científica do mundo moderno;
- 6.Disseminar a Astronomia entre a população.

De uma forma geral, o Clube abre vários campos científicos criando em seus integrantes o interesse pela pesquisa, ensino e extensão na medida em que estas áreas estão semeadas dentro dele.

Como polo disseminador ele funciona dentro da comunidade atraindo o seu interesse pela astronomia e afins tais como física e matemática, apesar de se inter-relacionar com as demais áreas tais como biologia, química, ciência da computação, etc.

A missão do clube é exercitar os seus membros no aprendizado do método científico, preparando-os para a apropriação do conhecimento e da tecnologia do mundo moderno, além do seu carácter social e humano fazendo com que os indivíduos interajam entre si.

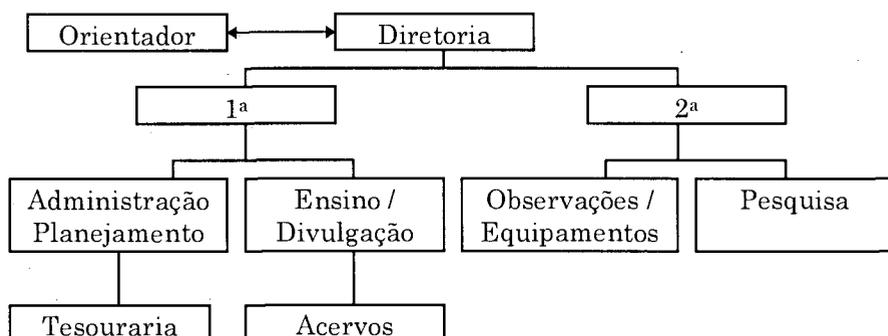
Metodologia de Implantação

A implantação do Clube de Astronomia parte em primeiro plano da conscientização dos alunos dos cursos de licenciaturas de Ciências ou Física, tendo como orientador um professor interessado no assunto.

A sua estrutura e funcionamento deve ser definida em estatuto a ser redigido pelos seus membros fundadores.

Como isso é um trabalho extra curricular ele pode ser montado de maneira um pouco diferente de outros clubes, porém com o mesmo potencial e trabalho.

Um organograma pode ser visto no quadro abaixo:



Como esse procedimento, esperamos obter alguns resultados que só fará crescer os seus membros.

Resultados Esperados

O primeiro resultado que se espera desse tipo de organização é que ela funcione de maneira ordeira fazendo a sua ponte com a comunidade.

A sede de seu funcionamento deve ser a princípio dentro da escola e como o clube é aberto a todos, não só para os alunos dos cursos de licenciatura, mas para todos aqueles que gostam do assunto e queiram participar, espera-se que a comunidade flua para dentro da escola transformando-a num centro dissiminator desse tipo de conhecimento.

O contato com outros clubes ou associações astronômicas é esperado, pois é através dele que o clube vai evoluir e trabalhos conjuntos podem ser desenvolvidos.

O interesse pela Pesquisa e pelo Ensino deve ser despertado um vez que os métodos de observação seguem um rigor científico quando feitos com o intuito de pesquisar e têm, por outro lado, uma conotação didática quando as observações são voltadas para o público.

Além disso espera-se que se organize mostras, observações freqüentes ao público, palestras, organize-se os grupos de estudos por assuntos de interesse comum e desenvolva-se pequenos trabalhos científicos e didáticos, e que sirva de alavanca para o despertar pelo interesse tanto para o jovem universitário como para alunos do 1º e 2º graus que venham visitar ou fazer parte do clube.

Alguns Resultados Obtidos

O Clube Astronômico Johannes Kepler é uma experiência do tipo que foi citada acima que está em sua fase experimental.

A princípio, alunos do curso de Ciências e Tecnologia de Processamento de dados se juntaram para formar o clube que conta com trinta associados e estão pondo em prática os princípios mencionados acima.

Fundado em agosto de 1996, sua sede é no Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, em Assis São Paulo e conta com um telescópio e algum material didático para trabalhar (ver figuras 1 e 2).

Toda a estrutura do clube está em fase de implantação, mas há grande motivação por parte de seus membros que já criaram o logotipo do clube (figura 3) e participaram da observação do último eclipse da Lua e do VII encontro de Ciências e Informática ocorrido no IMESA.

Outra experiência interessante é a criação do Centro de Estudos Astronômicos de Londrina(CAL) fundado por alunos dos cursos de Física, Geografia e computação da Universidade de Londrina em Julho de 1996.

Esse centro de estudos já conta com mais de trinta participantes de vários cursos da UEL, além de atender o público em geral com observações semanais do Céu. Sua função básica é estudar os conceitos da Astronomia e efetuar observações constantes do Céu a olho nu e com instrumentos de forma a aprimorar o conhecimento.

Conclusão

Pelo que foi exposto até agora, podemos concluir que essa experiência é válida, um vez que cria condições para o desenvolvimento do método científico e proporciona oportunidades para que os futuros professores possam desenvolver também em suas escolas clubes como esse. Além disso propõe uma metodologia de ensino globalizada que conduz o aluno a uma profunda reflexão fazendo-o mais maduro para a sua vida profissional.

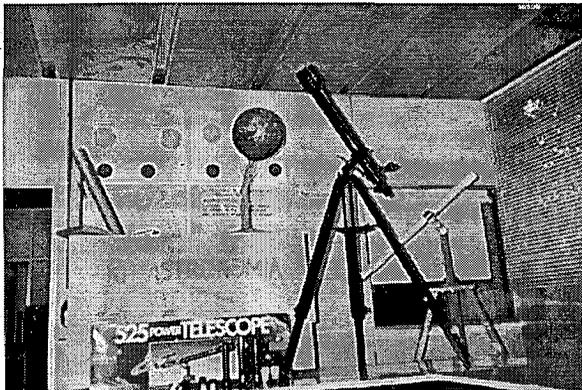


Figura 1 - Material didático desenvolvido pelos integrantes do Clube para trabalhar com alunos de primeiro e segundos graus



Figura 2 - Equipe de alunos do Clube de Astronomia, que fazem parte da área de Ensino, Divulgação e Pesquisa

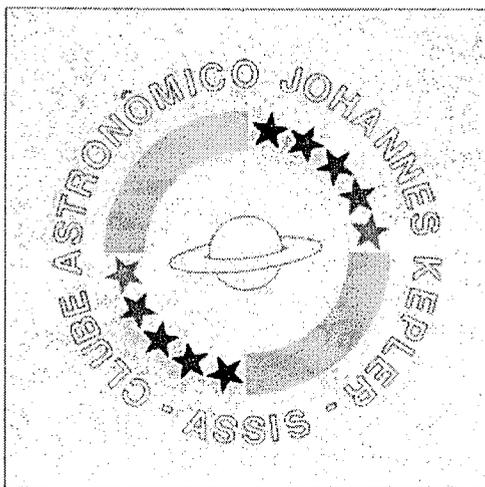


Figura 3 - Logotipo do Clube Astronômico Johannes Kepler - FEMA/IMESA, Assis - SP

Referências

- 1- Lattari, C.J.B.; Trevisan, R.H. Curso de Astronomia para professores de Ciências do primeiro Grau na Implantação da Nova Proposta Curricular do Estado do Paraná, Atas do X SNEF, Londrina, Jan 1993.
- 2- Lattari, C.J.B.; Trevisan, R.H. Astronomia no Curso de Aperfeiçoamento para Professores de Física, Atas do XI SNEF, Niterói, 1995.
- 3- Lattari, C.J.B.; Trevisan, R.H. Implantação de Astronomia em Currículo Básico do Curso de Ciências, Atas do XI SNEF, Niterói, 1995.

A VISÃO DO MUNDO ELETROSTÁTICO CONSTRUÍDA POR PROFESSORES DO 2º GRAU

Yukimi H. Pregolato (*yukimi@ufba.br*)
IFUBA

1-Introdução

Em um trabalho anterior apresentamos a radiografia do ensino veiculado pelos livros-texto de física básica mais utilizados nas nossas universidades, constatando a ausência de um elemento importante do conhecimento físico - aquele que incorpora visões de mundo .

Nossa tese é de que um ensino que não contempla todas as faces do conhecimento físico, não conduz o aluno à apropriação do mesmo. Assim, investigamos qual a imagem da eletrostática, relacionada com a dimensão não formal do conhecimento, os indivíduos constroem para si, a partir do ensino que se lhes é apresentado. Restringimo-nos a um pequeno universo de sujeitos que já tiveram contato com o eletromagnetismo como um todo em nível de terceiro grau (professores de 2º grau). Para caracterizar a física por eles aprendida, elegemos a entrevista não diretiva como instrumento para os nossos propósitos. O fio condutor da entrevista foi uma situação colocada que procurou o quanto possível se afastar daquelas abordadas em sala de aula, bem como de questões mais formais que conduzissem diretamente à utilização de fórmulas matemáticas. A metodologia utilizada nessa investigação envolveu a análise de conteúdo do discurso dos entrevistados.

2-Metodologia de análise

A metodologia escolhida envolve basicamente a análise de conteúdo do discurso dos entrevistados. Os procedimentos referentes às suas várias etapas foram desenvolvidos segundo o proposto por Holsti(1969) e Mucchielli (1975), iniciando com a elaboração de categorias de análise.

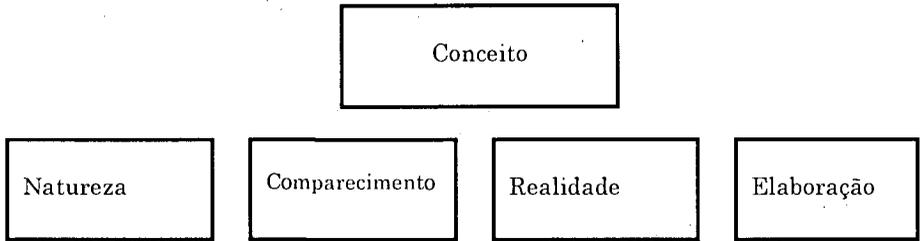
Todo o material passou por um processo extenso de leitura e releitura, procurando estabelecer categorias para análise, continuamente reformuladas, de modo a incorporar todo o universo de elementos tratados nas entrevistas. Como resultado, foram estabelecidas duas dimensões para análise: conceitos envolvidos e articulação dos conceitos.

2-1:Conceitos Envolvidos

Esta dimensão de análise diz respeito à natureza dos conceitos envolvidos na eletrostática. Os conceitos, objeto de análise foram os seguintes:

carga elétrica , campo elétrico, interação/força, e energia

Para cada conceito foram definidas as seguintes categorias de análise:



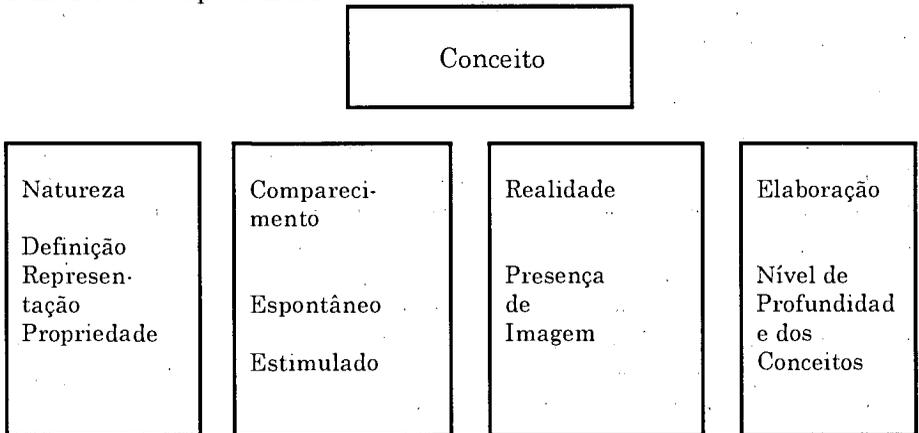
Natureza: Esta categoria diz respeito às características atribuídas às grandezas, tais como propriedades, definições, formas de representação, etc..

Comparecimento: Refere-se à forma espontânea ou não com que os conceitos aparecem no discurso, refletindo a relevância ou não dos mesmos no universo dos entrevistados.

Realidade: Com esta categoria procuramos saber se o conceito tem um significado claro para o entrevistado em termos de imagem construída, ou se trata apenas de uma relação formal.

Elaboração: Esta categoria se refere ao nível de profundidade com que os conceitos são tratados. Ela diz respeito tanto à articulação entre os elementos que se referem à natureza de cada conceito, como também à sua inserção num contexto mais abrangente.

Dessa forma, o esquema de análise referente a cada um dos conceitos está apresentado abaixo.



2-2: Articulação dos conceitos

Esta dimensão de análise diz respeito ao nível de articulação entre os conceitos, fornecendo dados que se referem ao conhecimento em extensão da eletrostática.

Para investigar a articulação entre os conceitos, procurou-se verificar se os conceitos mantinham relação entre si. Em alguns discursos, compareciam apenas articulações entre os conceitos dois a dois, em outros mais conceitos se articulavam. Quanto maior a articulação entre os conceitos, maior a visão unitária da eletrostática. Desta forma, buscamos classificar as entrevistas em nível crescente de articulação, definindo para tanto as seguintes categorias:

- articulação dos conceitos dois a dois
- articulação dos conceitos três a três
- articulação de todos os conceitos.

Articulação

Dois a dois

Três a três

Todo

Resultados

3-1 Análise das entrevistas segundo as categorias definidas

Com o objetivo de sistematizar as observações dessas entrevistas, foi feita, inicialmente, uma síntese das características mais significativas relativas a cada conceito, presentes em toda as entrevistas.

A partir dos vários quadros de respostas construídos para cada um dos entrevistados, foi possível estabelecer elementos comuns e aspectos contrastantes entre os vários indivíduos, bem como uma correspondência entre diferentes formas de conceber os conceitos e a imagem do todo deles decorrente.

Assim, em relação à carga elétrica, foi possível identificar três formas de concebê-la, que em ordem crescente de elaboração são as seguintes:

- carga elétrica como corpo eletrizado,
- carga elétrica como partícula eletrizada,
- carga elétrica como ponto.

Quanto ao conceito de campo elétrico, identificamos dois grandes grupos a saber:

- campo como meio,
- campo como região do espaço.

No primeiro grupo encontramos duas formas diversas de conceber o meio :

- o meio não é necessariamente material,
- o meio é constituído por pequenas porções de carga.

No segundo grupo, as diferenças internas são relativas a formas diversas de conceber a região do espaço como sendo:

- área de ação da carga,
- área onde uma carga de prova sente a ação de outra.

Todas essas diferentes concepções de campo elétrico são acompanhadas de atributos tais como representação matemática ou geométrica, alcance finito ou infinito.

A interação aparece como força para todos os entrevistados, sendo possível distinguir dois grupos:

- interação direta carga-carga tal como dado pela lei de Coulomb,
- interação mediada.

Na concepção de interação mediada distinguimos dois subgrupos:

- mediação através do campo elétrico,
- mediação através da energia do sistema.

Finalmente, quanto à energia de um sistema de cargas elétricas, foi possível a distinção de duas formas de concepção:

- como associada ao trabalho despendido na constituição ou na modificação de um sistema de cargas elétricas,
- como associada à deformação das linhas de campo na interação entre cargas.

Estas diferentes concepções de energia são acompanhadas de atributos que se referem à sua localização no campo, na carga, ou no espaço entre as cargas.

Com relação à articulação entre os conceitos, observamos que normalmente eles são articulados dois a dois, tendo quase sempre a carga como um dos elementos. A articulação entre três conceitos mais comum envolve carga elétrica, campo elétrico e força. Observa-se também que a seqüência de utilização dos conceitos nas entrevistas pode ser um indicativo da maneira de pensar do aluno, e varia de entrevistado para entrevistado. Nota-se que o conjunto das articulações estabelecidas pelos entrevistados não é independente da concepção dos conceitos e elas determinam o modo de pensar dos entrevistados.

4- Propostas de Modelos

A partir de um universo de conceitos e articulações entre conceitos, provenientes de um quadro geral que resultou da classificação nas categorias de análise utilizadas, foi possível a identificação e proposição de alguns modelos internamente coerentes, para a forma de pensar a eletrostática apresentada pelos entrevistados. A visão da carga elétrica é central para o entendimento da visão do conjunto do mundo eletrostático, de tal forma que os modelos propostos estão organizados de acordo com três diferentes modos de representação da carga elétrica:

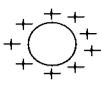
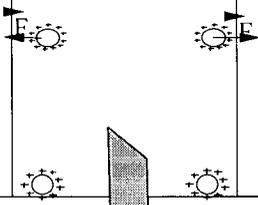
- carga elétrica como corpo eletrizado,
- carga elétrica como partícula,
- carga elétrica como ponto.

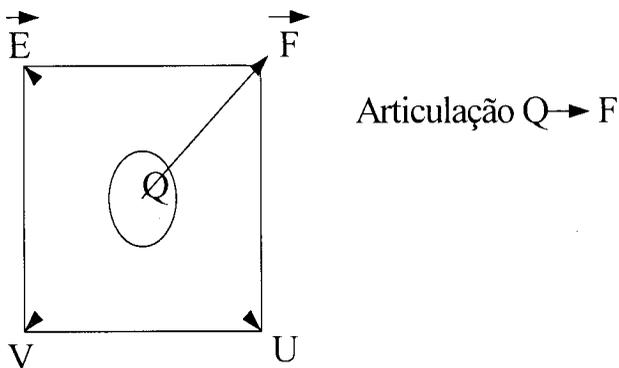
Essa última representação, mais elaborada por separar a carga de seu suporte material, abrange variações em função das ênfases dadas aos demais conceitos.

Apresentamos a seguir cinco modelos possíveis para a forma de pensar a eletrostática, deixando claro que eles correspondem a diferentes formas de articulação e concepção das grandezas envolvidas. Assim, são modelos genéricos, não havendo necessariamente uma correspondência direta entre um dado entrevistado e um modelo proposto.

Ao descrevermos cada modelo, utilizaremos dois tipos de esquemas diferentes de representação. O primeiro corresponde a uma síntese da representação dos conceitos dentro do modelo. O segundo esquema indica as articulações entre os conceitos privilegiadas no modelo, utilizando-se para isso, do mapa conceitual simplificado da eletrostática.* Nesse esquema, os traços contínuos representam as articulações existentes e os tracejados as inexistentes em cada modelo.

Modelo 1 (M-1): Carga elétrica como corpo eletrizado

CARGA	CAMPO	FORÇA	ENERGIA
			



Modelo 1

Este modelo trata a carga elétrica macroscopicamente, não a separando do seu suporte material, o que denota pouca elaboração conceitual. Assim, carga elétrica é entendida como corpo macroscópico onde há falta ou excesso de elétrons.

A visão do problema é estática, ou seja, "congelada" num certo instante, não havendo portanto uma análise temporal do mesmo. Busca-se então fazer uma análise espacial, procurando no espaço entre as cargas os elementos considerados relevantes para isso. Os elementos disponíveis no espaço entre as cargas são a distância e o meio, razão por que toda a análise é feita levando em conta a distância e a possível existência nesse meio, de alguma coisa capaz de impedir a interação entre elas.

O efeito perceptivo da interação é a força (atração e repulsão), o que indica uma forma de ver o mundo em que as razões mais profundas não são questionadas. Assim, a ação à distância é um fato para o qual não se busca explicação, razão porque o campo elétrico fica destituído de qualquer significado, sendo apenas um conceito matemático que deriva do conceito de força.

Coerentemente com a visão estática, energia não comparece sequer como capacidade de realizar trabalho, já que isto implicaria em movimento.

Neste modelo o único conceito com algum conteúdo significativo é a força. Os demais conceitos, ou são bastante abstratos ou não comparecem. Assim, a única articulação existente é entre os conceitos de carga e força elétrica, ou seja, o universo eletrostático é constituído de corpos eletrizados que se atraem ou se repelem.

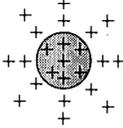
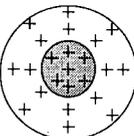
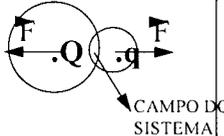
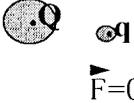
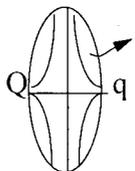
Modelo 2 (M-2): Carga elétrica como corpo pequeno eletrizado - (partícula carregada)

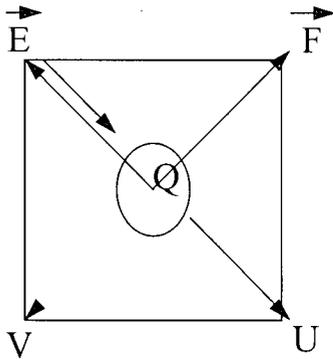
Neste modelo a noção de carga elétrica é intermediária entre micro e macroscópica pois ainda não separa a carga elétrica do suporte material, este microscópico (partícula). A carga elétrica é concebida como uma distribuição mais concentrada na partícula mas que se espalha pelo espaço em pequenas porções próximas à mesma.

O campo elétrico é entendido como o conjunto das pequenas porções de carga mais espalhadas em torno da partícula mas próximas a ela, o que significa ser o campo restrito a uma pequena região em volta da partícula.

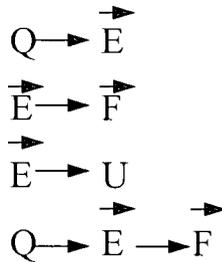
A análise da interação é dinâmica com ambas as cargas em movimento simultâneo. A interação entre as partículas é entendida como decorrente da interação entre os "campos", ou seja, da interação entre as pequenas porções de carga que constituem o campo, ocorrendo apenas no limite da existência das mesmas. Os "campos", visualizados através das linhas de força, se deformam na interação formando o "campo do sistema" através do qual a força se transmite. A interação só se dá quando os

"campos" interagem, ou seja, quando se forma o "campo do sistema". Desta forma, existe uma distância máxima de afastamento entre as partículas para que a interação possa ocorrer, distância esta dada pelo limite dos "campos".

Carga	Campo	Força	Energia
		 	



Articulações



Modelo 2

Em função da visão dinâmica, a energia tem sentido como algo proveniente da mudança de configuração das porções de carga que constituem o "campo do sistema" e que pode ser visto e sentido pela deformação das linhas de campo.

Neste modelo, o campo tem forte conteúdo significativo, sendo que os demais conceitos decorrem dele. Assim, a força resulta da interação dos campos e energia é apenas algo que o campo armazena em virtude da deformação dos campos na interação. Nesse caso, as articulações existentes são: carga-campo, campo-força, e campo-energia, correspondendo a um universo onde as cargas possuem um campo numa pequena região em volta dela, de tal forma que a interação dos campos armazena energia no "campo do sistema", em virtude da deformação dos campos, resultando na força entre as cargas.

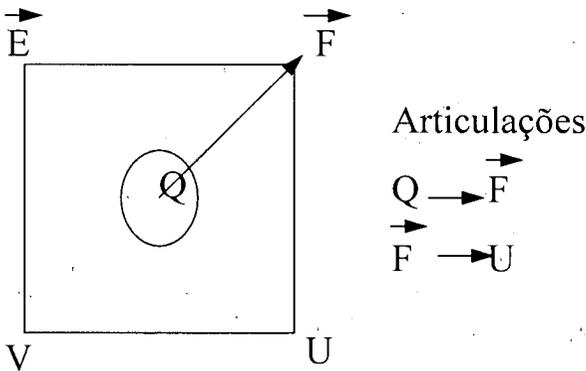
Modelo 3 (M-3): Carga-Ponto

Neste modelo, a carga elétrica é tratada microscopicamente, ou seja, separada de seu suporte material, sendo portanto um modelo mais elaborado. Dentro desta concepção de carga, os modelos se subdividem de acordo com a ênfase que se dá ao seu efeito isolado (capacidade de "criar") ou ao seu efeito na interação (capacidade de "sentir").

Modelo 3A (M-3A): Carga "sente" força

Carga elétrica é puntual e tem como manifestação principal a força que surge na interação. A visão é parcialmente estática, pois a única carga que se desloca é a carga de prova, "congelando" ou fixando a carga que com ela interage. O efeito perceptível da interação é o movimento da carga de prova. Neste caso, apenas um dos lados da interação é considerado, pois não leva em conta o fato da carga de prova também criar um campo que é sentido pela outra carga, considerada parada. Assim, a atenção se volta para a carga que se move (carga de prova), ou seja, a ênfase recai sobre o "sentir" da carga de prova, razão pela qual existe um limite a partir da qual a interação não mais ocorre, indicado pelo não movimento da carga de prova.

Carga	Campo	Força	Energia
.Q	—	\vec{F} .Q \vec{q}	\vec{F} .Q $\xleftrightarrow{\tau}$ \vec{q}
		$\vec{F}=0$.Q \vec{q}	



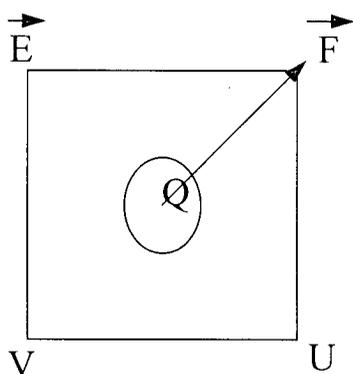
Modelo 3A

O campo elétrico é visto como um potencial de ação da carga transferida aos pontos do espaço, e que só teria existência ao se colocar outra carga que o sinta. É portanto um conceito matemático sem significado físico, evidenciado pela não deformação do campo na interação. Em virtude da visão parcialmente estática, o conceito de energia fica associado apenas ao movimento da carga de prova, sem relação com o campo elétrico, correspondendo ao trabalho para deslocar a carga de prova.

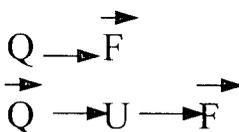
Neste modelo, o que tem existência é a força, ao passo que tanto campo elétrico como energia são destituídos de qualquer conteúdo real. Assim, as articulações existentes entre os conceitos são carga-força e força-energia, o que o distingue do modelo 1, pela puntualidade da carga e pela visão semi-dinâmica que justifica o movimento e portanto energia.

Modelo 3B (M3B): Carga "sente" energia

Carga	Campo	Força	Energia
.Q	—	Através da energia	



Articulações



Modelo 3B

A carga elétrica é puntual e tem como manifestação principal a energia do sistema de cargas. A visão do problema é dinâmica, com todas as cargas em movimento devido às interações entre elas. A interação à distância é entendida como carga "sente" energia que está no meio. O conceito de campo elétrico não comparece na análise do problema senão como um conceito que justifica a presença da energia no meio, não tendo

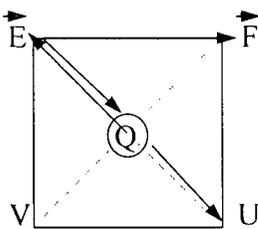
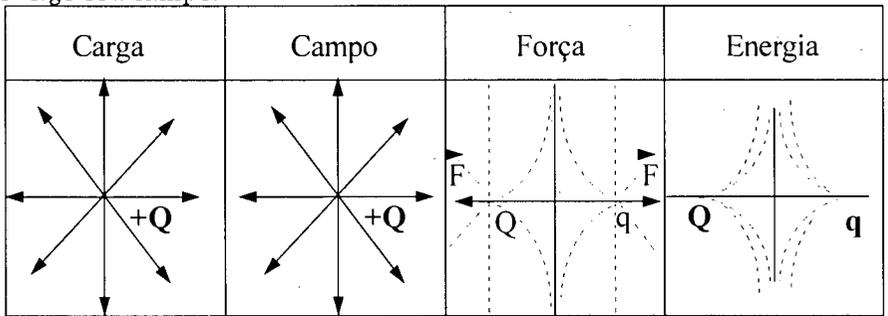
nenhum significado físico. A energia é bastante real neste modelo, não estando relacionada a nada material, de forma que se transmite no vazio. A interação se faz através da energia e ela se traduz em forças de atração e repulsão.

O movimento das cargas é atribuído a algo que está entre elas e que representa o sistema como um todo, que é a energia do sistema.

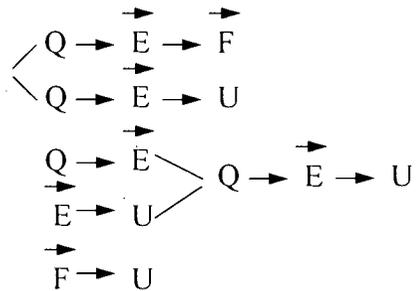
Neste modelo, a energia é algo que existe concretamente ao passo que os demais conceitos decorrem dela. Assim, campo elétrico é algo que apenas justifica seu transporte, sem conteúdo significativo, e a força resulta da ação energética sobre as cargas. As articulações existentes são carga-força e carga-energia-força, correspondendo a uma visão em que um sistema de cargas cria energia no espaço, energia esta que se traduz em força sobre as cargas do sistema.

Modelo 3C (M-3C): Carga "cria" campo

Carga elétrica e campo elétrico são vistos como partes de uma mesma entidade, de tal forma que o movimento da carga faz carregar consigo seu campo.



Articulações



Modelo 3C

O campo elétrico é fortemente representado pelas linhas de força que convergem para a carga ou divergem dela a depender do seu sinal, ocupando todo o espaço ao redor da carga até o infinito.

A ênfase maior é dada à capacidade da carga "criar" campo no espaço, sendo o mesmo visto como mediador da interação. A interação entre cargas ocorre através da interação dos campos. A visão dinâmica da situação justifica uma análise temporal em que a configuração a cada instante está associada a uma energia do sistema.

Esta energia é vista como associada à deformação do campo das cargas durante a interação, ou seja, o campo elétrico como armazenador de energia, associado à sua deformação na interação.

Neste modelo, o campo elétrico tem um conteúdo significativo muito intenso, o que não acontece com a energia, que é vista apenas como algo suportado pelo campo elétrico. Também a força decorre da existência do campo. Assim, a articulação principal neste modelo é carga cria campo responsável pela força, e num segundo plano cargas criam campos que se deformam na interação, deformação essa que se traduz em energia armazenada no campo.

Conclusões

A análise das entrevistas com base em categorias elaboradas considerando tanto a profundidade dos conceitos fundamentais, quanto a articulação dos mesmos, possibilitou inferir a existência de cinco formas diferentes de pensar, ou modelos de pensamento da eletrostática. Estes modelos são genéricos, representando diferentes formas de articulação e concepção das grandezas envolvidas, não havendo portanto uma correspondência direta entre um dado entrevistado e um modelo proposto. Assim, estes modelos representam a visão da eletrostática construída por indivíduos que foram submetidos ao ensino onde

É surpreendente a sobrevivência de características correspondentes a modelos mais ingênuos ou pouco elaborados, em parte semelhantes aos encontrados em livros de segundo grau, mesmo em sujeitos que tiveram acesso ao eletromagnetismo tal como é apresentado nos cursos de terceiro grau.

Esses modelos demonstram que os indivíduos constroem e retêm o conhecimento sob formas muito diversas e não previsíveis, compondo visões diferentes daqueles da ciência para os mesmos conceitos e assuntos tratados.

Bibliografia

- <Hol 69> Holsti; "Content Analyses". Handbook of Social Psychology V.I, 1969
- <Muc 77> Mucchielli, R.; "L'analyse de contenu des documents et des communications". Les Librairies Techniques, Paris, 1977.

- <Sal 86> Salém, Sônia; Estruturas conceituais no Ensino de Física- Uma aplicação à Eletrostática”Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências IFUSP/FEUSP, São Paulo,1986
- <Rob 88> Robilotta, Manoel R.; “O cinza, o branco e o preto - da relevância da História da Ciência no ensino de Física. Cad.Cat Ens.Fis nº 5 (número especial), p.7-22, Florianópolis, Jun 1988

AS CONCEPÇÕES DE PROFESSORES SOBRE AVALIAÇÃO

Anna Maria Pessoa de Carvalho
Andréa Infantsi Vannucchi
FEUSP
IFUSP-FEUSP

Avaliar: O quê? Por quê? Como?

Essas perguntas são, na verdade, indissociáveis, pois a maneira como se avalia pode ser situada num modelo global de ensino-aprendizagem, que impõe sua lógica própria aos diversos aspectos do processo. Por isso mesmo é muito importante sabermos o que os professores pensam a respeito do que seja avaliar seus alunos.

Segundo a orientação construtivista (Driver, 1986), um ponto essencial a ser levado em consideração para o processo de ensino-aprendizagem, diz respeito às idéias que os estudantes já trazem para a sala de aula. Usando os mesmos pressupostos construtivistas nos cursos de formação de professores, devemos levar em consideração as idéias que nossos alunos, futuros professores, têm a respeito dos conceitos importantes de ensino. Um dos principais conceitos pois esta diretamente ligado ao fracasso escolar é o conceito de avaliação. Assim, é importante que se tenha disponíveis dados quanto ao que os professores pensam a esse respeito.

Por outro lado, é importante que essas concepções sejam discutidas e colocadas dentro de um referencial educacional mais amplo, de tal modo que possibilitem aos estudantes reve-las e modifica-las, na medida que tomam consciências de suas próprias idéias (Carvalho e Gil-Pérez, 1995).

A avaliação constitui-se num dos aspectos do pensamento e comportamento docente espontâneo dos professores a ser conhecido e questionado, pois, as idéias e os processos da avaliação escolar estão intrinsecamente ligados com os objetivos do ensino. Para que sejam bem sucedidas as inovações curriculares propostas para o ensino secundário e introduzidas nos cursos de formação de professores, a forma de se avaliar deve ser coerente com seus pressupostos (Alonso et al., 1992a).

Com o objetivo de sensibilizar os alunos para concepções muito frequentes dos professores sobre avaliação propusemos uma pesquisa aos alunos da disciplina Prática de Ensino de Física, ministrada na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo durante o ano de 1996. O presente trabalho analisa duas questões desta pesquisa.

Para tanto, os professores-alunos adaptaram como instrumento de coleta de dados um questionário com base num artigo publicado por Alonso Sanchez et al. (1992b). Este questionário foi respondido por 40 professores em serviço das redes pública e privada de escolas do município de São Paulo.

As idéias sobre avaliação, detectadas a partir das respostas dos professores, serão apresentadas procurando-se situá-las num quadro mais geral de ensino-aprendizagem.

A coleta de dados

O questionário foi respondido por 40 professores em serviço. Nem todos os questionários foram respondidos por completo e, além disso, parte dos professores responderam uma primeira versão do questionário, na qual não eram solicitadas informações pessoais. Assim, como caracterização da amostra, apresenta-se dados relativos a 25 dos professores entrevistados.

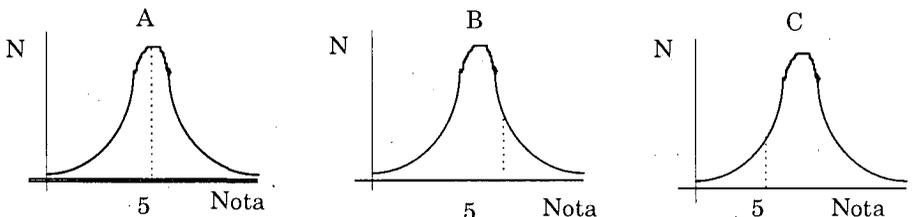
Desses, cerca de 65 % são professores da rede pública estadual, sendo os demais professores de escolas da rede privada. Eles ministram, em sua maioria (65%), apenas aulas de Física, sendo que 25% são também professores de Matemática e os demais, além dessas duas disciplinas, ministram aulas de Química ou Computação.

Cerca de 65% dos professores têm entre 0 e 5 anos de magistério, 20% entre 5 e 10 anos e cerca de 15%, mais de 10 anos.

Um dos pontos investigados diz respeito à postura auto-exculpatória dos professores frente ao desempenho de seus alunos. A que fatores, externos à didática adotada, os professores o atribuem? De que forma a concepção determinista de aprendizagem de Ciência – segundo a qual essas matérias não estariam ao alcance de todos e com a avaliação seria possível separar os maus e os bons alunos – constitui-se em tendência predominante?

Com o intuito de responder essas perguntas, apresentou-se aos professores a questão abaixo:

Qual dos gráficos abaixo melhor representa a distribuição de notas de suas classes? Justifique.



A segunda questão foi proposta com a intenção de verificar o nível de imprecisão a que estão sujeitas as avaliações, em contraposição à idéia de objetividade e precisão atribuída à avaliação das matérias de Ciência em função da natureza dos conhecimentos envolvidos.

Para uma parte dos professores:

O problema abaixo foi respondido por um aluno de desempenho *excelente*. Que comentários você faria para ajudar a melhorar sua

compreensão do assunto? Indique, também, a nota (0 e 10) que você daria a esse aluno.

Para outra parcela dos Professores:

O problema abaixo foi respondido por um aluno de desempenho *insatisfatório*. Que comentários você faria para ajudar a melhorar sua compreensão do assunto? Indique, também, a nota (0 e 10) que você daria a esse aluno.

Problema: Explique o conceito de trabalho até chegar a uma definição matemática.

Resposta do aluno: “Podemos dizer que trabalho é realizado quando se faz algo, quer dizer, quando se transformam as coisas como, por exemplo, ao arar-se (que transforma a terra dura em terra fofa). Os trabalhos podem ser muito complicados e difíceis de medir (como aquele realizado por um cientista). Entretanto, consideraremos as situações mais simples, nas quais as mudanças se reduzem ao deslocamento de objetos. Neste caso, a transformação corresponde ao deslocamento e podemos expressar o trabalho como sendo:

$$W = F.d,$$

onde d é a distância percorrida pelo objeto e F a força que atua na direção do movimento”.

2. Resultados

2.1. A distribuição de notas numa classe

A Tabela 1, abaixo, é relativa à primeira questão, na qual os professores eram solicitados a optar por uma das distribuições de notas.

Tabela 1. Porcentagem de respostas dos professores à questão 1.

Respostas	%
Gráfico (A)	25
Gráfico (B)	15
Gráfico (C)	45
Não sabe interpretar as curvas	10
Não faz opção única	5

A tendência majoritária dos professores foi considerar a distribuição (C) como a mais natural. No entanto, apenas cerca de 45% justificaram sua opção; os demais professores apresentaram, por exemplo, uma interpretação da curva:

“(C) pois quase todos os meus alunos são aprovados”.

Ou ainda, afirmações como:

“Antigamente era (A); atualmente é a (C); mas na universidade ainda se usa muito a (B)”.

Em relação aos professores que justificaram sua escolha, é importante salientar que esses não indicaram, em geral, que o tivessem feito por considerar a distribuição (C) como resultado natural do processo

de ensino-aprendizagem. Apenas 25% justificaram sua opção com afirmações do tipo:

"[...] pois com minhas aulas, esperaria que os alunos obtivessem (a maioria) notas acima da média, o que indica que os alunos assimilaram os conceitos e que realmente houve ensino-aprendizagem, justificando assim meu sucesso como professor".

Outros 50% afirmaram que tomam medidas no sentido de "deslocar" a distribuição de notas ("Em geral *adoto* o gráfico (C)"). A condescendência que esses professores alegaram com relação aos alunos foi justificada em termos afetivos ou então, por exigências do sistema educacional em relação a taxas de repetência e evasão escolar. As seguinte declarações exemplificam essa interpretação:

"O gráfico (B) mostra a realidade das salas, porém devido às exigências do sistema educacional, freqüentemente desloco a distribuição de notas para (A), e no final do ano letivo ainda desloco a distribuição para (C). Com isso a taxa de repetência e evasão diminuem significativamente".

"[...] numa questão em que o aluno realmente mereceria nota 3 (entre 0 e 10) eu lhe dou 4 ou 5 e escrevo, de forma explicativa, na sua prova o que deveria ser melhorado. Desta forma os alunos não ficam com notas muito baixas, o que a meu ver diminuiria o seu interesse pela disciplina".

"A maioria dos meus alunos vão mal nas provas como no gráfico (B), mas faço trabalho valendo nota, para melhorar as médias, no final a maioria dos alunos é aprovada como no gráfico (C)".

Note-se que esta última afirmação revela que o professor não faz uso de uma nova forma de avaliar no intuito de contemplar outras dimensões do conteúdo conceitual, mas, sim, como modo de propiciar um incremento nas notas. Ademais, nenhum dos professores faz qualquer menção à necessidade de avaliação dos conteúdos metodológico e atitudinal.

Quanto às curvas (A) e (B), é preciso chamar atenção para o fato de a elas correspondem 40% das opções dos professores. Esta postura conformista-determinista foi verificada, também nessas proporções, entre professores espanhóis (Aguilá et al., apud Alonso et al., 1992b).

Dentre os 6 professores que optaram pelo gráfico (B), 2 não apresentaram qualquer justificativa. Apenas um dos professores aponta, entre outros fatores ("desinteresse dos alunos" e "teorias utilizadas em educação"), a conduta do professor como determinante desse quadro. Outros motivos apontados são: "rotatividade dos professores do noturno", "dificuldade com as operações fundamentais da matemática". Além disso, a idéia de "deslocamento" intencional da curva aparece mais uma vez:

"(B) porque eu espero bastante forçar o desempenho deles, pois se eles vão ruim (sic) na prova eles estudam mais para a outra prova".

Em relação às justificativas apresentadas para a escolha do gráfico (A), chama atenção a idéia de que "[...] as provas separam os alunos com

mais facilidade dos outros”. Cerca de 40% desses professores parece considerar “mau” e “bom” como atribuições dos estudantes, relacionadas à sua capacidade. Assim, como “a maioria é razoável”, é natural que a gaussiana tenha seu extremo na nota média, 5.

Essa idéia também aparece também em justificativas para outras distribuições:

“Os meus alunos em geral obtêm notas acima de 5,0. Mas isso depende mais da classe, eu já tive classe com média abaixo de 5,0”.

Além da concepção segundo a qual o desempenho dos estudantes é determinado pela sua capacidade (ou falta de), nota-se que os professores também delegam tal responsabilidade aos instrumentos de avaliação:

“O gráfico (B) apresenta uma situação em que houve [...] a apresentação de uma avaliação muito acima dos padrões gerais da sala. No gráfico (C) parece que a avaliação foi muito fácil [...]”.

Entre os professores que não optaram por apenas um dos gráficos propostos, aparece, novamente, a idéia de que o resultado da avaliação está condicionado ao “nível” dos alunos e das provas:

“Fico em dúvida entre o (A) e o (C) porque depende do nível da turma e das provas”.

Em relação à essa questão das gaussianas, um último ponto que não se pode deixar de salientar é a parcela expressiva (10%) de professores que são incapazes de interpretá-las.

2.2. A nota atribuída à resposta de alunos supostamente distintos

A Tabela 2, abaixo, é relativa à segunda questão, na qual os professores foram solicitados a dar uma nota entre 0 e 10 para a resposta de um aluno. Embora a resposta apresentada fosse a mesma, para uma parcela dos professores (N=22) o aluno foi descrito como excelente, enquanto que, para os demais professores (N=18), como um aluno de desempenho insatisfatório.³⁸

Tabela 2. Médias das notas dadas pelos professores a alunos de desempenhos supostamente distintos.

Desempenho do aluno	Média das notas
Excelente	8,8
Insatisfatório	5,2

Os resultados obtidos implicam numa diferença de *mais de três pontos* com relação à mesma resposta analisada pelos professores.

É interessante notar que, quando o aluno foi descrito como excelente, os professores em geral lhe atribuíram notas elevadas, ainda que criticassem sua resposta em diversos aspectos, sendo esses aspectos *os mesmos* apontados pelos professores do outro grupo, os quais, todavia, os consideraram – conforme indicado pela Tabela 2 – de modo distinto.

38 Dos 40 professores entrevistados, 6 não explicitaram a nota que lhes havia sido solicitada. Assim, as médias das notas foram calculadas para N=18 e N=16 para o aluno de desempenho excelente e insatisfatório, respectivamente.

Assim, dos professores que receberam o questionário no qual o aluno era descrito como excelente, cerca de 40% declararam que o aluno não estava pensando no significado do conceito de trabalho no âmbito particular da Física, mas, sim, no contexto cotidiano; a declaração abaixo exemplifica essa crítica:

“O aluno confunde o conceito físico de trabalho com o uso corriqueiro da palavra no cotidiano. Ele ressalta trabalho como emprego, tarefa”.

Metade desses professores justifica a nota atribuída ao aluno, pela consideração da definição matemática por ele apresentada:

“Embora o modelo que o aluno tenha utilizado no exemplo esteja um pouco confuso, a definição matemática de trabalho está correta. [...] Nota: 10”.

Dos professores que receberam o questionário no qual o aluno era qualificado como apresentando desempenho insatisfatório, 50% – porcentagem semelhante aos 40% do primeiro grupo – apontaram para o fato de que “o aluno confunde o conceito de trabalho da Física com o conceito de trabalho “labuta”.

Entretanto, ao contrário do outro grupo, nenhum desses professores considerou a definição matemática como determinante para um incremento na nota dada ao aluno:

“O aluno se limitou (excetuando-se a definição matemática) a colocar exemplos mais amplos e superficiais do que seria trabalho. [...] Nota 4. [...]”.

Dados análogos dizem respeito às porcentagens de professores dos dois grupos, os quais apontaram problemas formais na resposta do aluno. Entre os professores que receberam questionários onde o desempenho do aluno era dado como excelente, cerca de 15% criticaram a resposta do aluno pela restrição ao caso em que a força está na mesma direção e sentido do movimento:

“Faltou o aluno considerar as forças que não atuam na direção do movimento. [...] Daria 7,5 para este aluno”.

Note-se que uma porcentagem semelhante de professores do outro grupo (14%), criticou esse mesmo aspecto da resposta do aluno; tal imprecisão, todavia, foi considerada com pesos distintos pelos dois grupos de professores:

“O aluno [...] esqueceu o sinal do trabalho $W = \pm F \cdot d$. Associou erroneamente a força atuando na direção do deslocamento. Nota 3,0”.

Um último ponto a ser salientado: apenas cerca de 10% dos 40 professores se remeteram à dificuldade de julgar a resposta do aluno descontextualizada do processo de ensino-aprendizagem do qual ele havia participado. As seguintes respostas exemplificam essa idéia:

“Não consigo dar uma nota a este aluno porque não sei de que forma a Física lhe é ensinada, ou seja, que visão desta Ciência tem o aluno”.

“Quanto à nota, o correto é nos abster, visto que a mesma deve ser ponderada pelos objetivos do professor. [...] Avaliarmos um aluno em Física implica na avaliação de um contexto da sala, a interação professor-aluno, Física/Matemática, Física/Português [...]”.

Conclusões

Nota-se a tendência dos professores elegerem, como determinantes das notas obtidas pelos alunos, fatores externos à didática que adotam. Quer como responsáveis pelo incremento das notas, quer como responsáveis pelo desempenho insatisfatório dos alunos, os professores apontam, entre outros fatores, o nível das provas, a capacidade intelectual dos alunos e as exigências do sistema educacional.

Quanto à idéia determinista, segundo a qual “[...] as provas separam os alunos com mais facilidade dos outros”, é preciso que ensino e aprendizagem sejam entendidos como dois lados da mesma moeda, duas faces de uma mesma aula (Carvalho & Gil-Pérez, 1995).

Assim, o fracasso escolar aponta para a necessidade de modificação das estratégias de ensino: é preciso que a todos os alunos seja assegurada oportunidade de ampliar sua aprendizagem. Outra hipótese explicar o baixo rendimento escolar constitui-se no fato de que os professores podem estar ensinando uma coisa e avaliando outra, o que implica na integração coerente da avaliação no processo educacional.

Além disso, os resultados obtidos pela questão 2 contrapõem-se à idéia de que as matérias científicas – pela natureza dos conhecimentos avaliados –, podem ser avaliadas mais objetivamente que as demais. Note-se que, embora as deficiências apontadas pelos dois grupos de professores à resposta do aluno fossem praticamente as mesmas (trabalho definido fora do âmbito da Física, imprecisão quanto às direções e sentidos da força e do deslocamento), a diferença na média das notas a ele atribuídas corresponde a mais de 3 pontos.

Assim, a restrição dos conteúdos avaliados, limitados, em prol da objetividade, por exercícios fechados, de resposta única mostra-se infundada. De qualquer modo, se a avaliação for utilizada com caráter de “verificação” da aprendizagem, os instrumentos de avaliação estarão condicionados pelas expectativas dos professores. Conforme afirma Bachelard, “os instrumentos não são outra coisa senão teorias materializadas” (1974, p. 254). De fato, a tendência natural – que ocorre também com os cientistas e seus instrumentos de coleta de dados – consiste em buscar-se a corroboração de impressões ou expectativas iniciais e, não, seu falseamento.

Conseqüência muito grave desse fato é o efeito da avaliação sobre o sujeito avaliado, isto é, sua contribuição para que os preconceitos tornem-se realidade. É conhecido, por exemplo, o “efeito pigmaleão”, que consiste em apoio especial aos alunos e alunas considerados brilhantes e que o

acabam sendo graças ao impulso e auxílio recebidos (Rosenthal & Jacobson, 1968, apud Carvalho & Gil-Pérez, 1995).

Essas concepções estão aliadas à idéia de avaliação como constatação, desconsiderando-se seu papel potencial como instrumento de aprendizagem. Alonso et al. (1992a) salientam a “tensão avaliadora” das ocasiões de avaliação como propiciadora de momentos privilegiados para a aprendizagem. Trata-se de ajustar o *feedback* dado aos alunos às finalidades e prioridades estabelecidas para a aprendizagem.

A não consideração desse caráter positivo da avaliação é um dos motivos pelos quais inúmeros professores rechaçam-na avaliação: Por que avaliar? – perguntam. Esse fato retoma as perguntas colocadas no início deste trabalho:

Avaliar: O quê? Por quê? Como?

Se o conteúdo da avaliação constituir-se na reprodução de informações ou no manejo simplesmente operativo e sem conteúdo físico ou, ainda, se tiver como objetivo a constatação da capacidade intelectual dos alunos (já “estimada” anteriormente), então, de fato, não faz sentido. Percebe-se, nesse ponto, a interrelação entre as questões colocadas acima, cujas respostas refletem, na verdade, um modelo de ensino-Aprendizagem.

Nesse sentido, ao se entender o aluno como responsável por sua aprendizagem, a avaliação deve ser vista como um momento fundamental de auto-regulação, contemplando não apenas os conteúdos conceituais (fatos termos e conceitos), mas, também, conteúdos metodológicos e atitudinais.

Parafraseando Siegel (1993): “[...]deveríamos procurar para os nossos alunos aquilo que procuramos para nós mesmos: uma consciência e apreciação cada vez mais profundas dos problemas e dúvidas de nossa[s] concepção[ões]”.

Um último comentário diz respeito à proposta de uma pesquisa dessa natureza para alunos-professores. Note-se que ela concede um *status* diferenciado às situações de conflito cognitivo, pois não supõe o levantamento das idéias dos alunos para que essas, em seguida, sejam criticadas. Isto não implica em eliminar os conflitos cognitivos, mas, sim, ao considerar-se aspectos afetivos da aprendizagem, evitar o confronto entre as idéias próprias (“incorretas”) e os conhecimentos da pesquisa em Didática das Ciências (“corretos”) (Gil-Pérez, 1993).

Referências Bibliográficas

- ALONSO, M.; GIL, D.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J. Los exámenes de física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. Enseñanza de las Ciencias, v. 10, n. 2, 1992a, p. 127-138.
- ALONSO, M.; GIL, D.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J. Concepciones espontaneas de los profesores de ciencias sobre la evaluacion:

- obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento. Enseñanza de la Física, v. 5, n. 2, 1992b, p. 18-38.
- BACHELARD, G. O Novo Espírito Científico. Trad. Remberto F. Kuhnen. São Paulo, Abril Cultural, 1974.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. Formação de professores de ciências: tendências e inovações. Coleção Questões da Nossa Época, vol. 26, São Paulo, Cortez, 1995.
- DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. Enseñanza de las Ciencias, v. 4, n. 1, 1986, p. 3-15.
- GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. Enseñanza de las Ciencias, v. 11, n. 2, 1993, p. 197-212.
- SIEGEL, H. Naturalized Philosophy of Science and Natural Science Education. Science & Education, v.2, n. 1, 1993, p. 57-68.

PLANEJAMENTOS DIDÁTICOS: UMA AGENDA DE INVESTIGAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NA ESCOLA MÉDIA

Eduardo Adolfo Terrazzan
Dulce Maria Strieder
UFSM

Introdução

O área de estudo em currículos em nosso país vem sendo pesquisado há algumas décadas. A questão central destas pesquisas está voltada para a elaboração de currículos mais eficientes, que promovam uma melhor aprendizagem.

A concepção tecnicista de currículo esteve presente de forma marcante nas pesquisas de nosso país durante algumas décadas, decorrente do contexto político e social onde o interesse na profissionalização dos trabalhadores era enfatizado.

Apenas na década de 80, com as alterações no sistema político do país, é que as pesquisas sobre os currículos das escolas brasileiras vem alterando seu enfoque. A preocupação com as técnicas de ensino passou a ser duramente criticada, dando lugar a duas vertentes. A primeira propondo uma ênfase nos conteúdos a serem trabalhados em sala de aula. A segunda defendendo uma educação para as classes populares, com um ensino voltado ao cotidiano dos alunos, a partir de temas presentes no seu dia-a-dia e realizado através de métodos/materiais acessíveis e inovadores.

Apesar de todas as discussões nesta área e de produções importantes das pesquisas nestas vertentes, pouco ou praticamente nada de seus resultados têm chegado até às salas de aula.

Assim, os currículos das escolas brasileiras têm permanecido tradicionais e inalterados em sua estrutura básica. Na grande maioria das vezes, não passam de meras listas de conteúdos e os planejamentos correspondentes se constituem em uma cópia de índices dos livros didáticos mais adotados. Estes currículos costumam vir prontos para o "consumo" dos professores, aos quais resta apenas a função de "executá-los" acriticamente em sala de aula.

O ensino ministrado nas escolas, de forma geral, parece querer mostrar que os fins educativos estão desvinculados das necessidades e desejos sociedade. Esta situação gera insatisfação constante, tanto nos alunos quanto nos professores e tem por conseqüência um processo educativo frágil, sem significado real para os alunos.

As constantes mudanças na sociedade que influem no cotidiano do aluno, assim como as pesquisas realizadas na educação, vêm demonstrando que as alterações que buscam um ensino de maior qualidade deveriam passar por uma inovação, principalmente, no

conteúdo ensinado. Esta inovação, permitiria uma reestruturação curricular mais ampla, onde por conseqüência, seriam pensados também aspectos sociais, políticos e ideológicos que se encontram no interior do currículo.

Para que isto ocorra é preciso que as pesquisas da área auxiliem na criação de uma consciência mais crítica trazendo um número maior de sugestões práticas para as escolas e uma aproximação maior entre os pesquisadores da área e os professores. Não apenas com a intenção de trabalhar conteúdos específicos ou de levar receitas prontas para a aplicação em sala de aula, mas para realizar um estudo conjunto e a elaboração de planejamentos curriculares.

A construção conjunta de planejamentos permite que se leve em consideração os resultados das pesquisas recentes, a realidade social, política e cultural local e a formação dos professores, buscando essencialmente uma aprendizagem mais efetiva e significativa dos alunos.

Pode-se dizer que o professor é o elemento fundamental na reestruturação curricular, sendo imprescindível sua participação efetiva na elaboração do planejamento escolar. Somente desta forma que sua atividade poderá vir a ser sistemática e consciente. É durante o planejamento, em todas as suas etapas e dimensões, que o professor pode estabelecer ligações entre o mundo natural e tecnológico, as relações sociais nele estabelecidas, o conteúdo a ser ensinado, bem como a metodologia a ser adotada. Assim procedendo estará trazendo sua prática para mais perto da realidade dos alunos e daquilo que lhes é significativo.

Tomar consciência das questões políticas, ideológicas e sociais presentes no processo de ensino e aprendizagem é de extrema importância para que a ação do professor não acabe servindo ingenuamente de auxílio para a construção de uma visão política e de sociedade de interesse de uma minoria. O planejamento bem estruturado permite a escolha consciente de uma concepção e estrutura de escola e do ensino correspondente.

Nesse sentido, o planejamento didático passa a ser "algo" além do simples preenchimento de formulários ou a cópia do programa do livro didático como listagem de conteúdos planejados. Torna-se um instrumento para se alcançar um ensino de maior qualidade, organizando e tornando consciente a prática pedagógica e satisfazendo melhor as necessidades dos alunos.

Dentro desta perspectiva é possível encontrar alternativas para alguns problemas do ensino, através da reformulação e atualização dos conteúdos, com uma participação ativa dos professores nas discussões acerca dos objetivos vinculados ao novo currículo a ser elaborado.

O trabalho que apresentaremos aqui relata os resultados parciais de um projeto desenvolvido durante o ano de 1996, entre pesquisadores em Ensino de Física da UFSM e um grupo de professores de Física do ensino médio da região de Santa Maria/RS.

O objetivo principal deste trabalho esteve voltado a atualização dos currículos da disciplina de Física do ensino médio, os quais se mantêm atrasados em mais de um século em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico atual.

Através da implementação de um programa de educação continuada tornou-se possível a elaboração conjunta de planejamentos didáticos para o ensino de Física Moderna na escola média, bem como seu desenvolvimento nas escolas da região.

O Trabalho Conjunto com Professores

O nosso primeiro contato com os professores do ensino médio de Física, da região de Santa Maria, foi realizado através da entrega de um questionário com o qual se pretendia traçar seu perfil profissional, além de investigar o seu interesse em participar de cursos de atualização que envolvessem conteúdos de Física Moderna. Neste questionário solicitava-se também, sugestões de temas a serem trabalhados neste curso e num possível programa de acompanhamento.

Aproveitando a expectativa positiva dos professores em relação aos cursos de atualização, oferecemos, então, pela Universidade Federal de Santa Maria o curso de extensão intitulado "Física Moderna no Ensino Médio", com duração de 40 horas, que foi realizado no período de férias escolares, em Janeiro de 1996. Participaram do curso 16 professores da região de Santa Maria. Inscreveram-se também 3 alunos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Maria e 1 acadêmico do Mestrado em Educação da mesma instituição.

Diante das deficiências já conhecidas na formação dos professores de Física, o programa inicial do curso procurou contemplar, além das discussões acerca da necessidade destes conceitos serem trabalhados no ensino médio e do aspecto metodológico para a sua inserção neste nível de ensino, a abordagem de conteúdos específicos relativos aos conceitos da Física a partir do século XIX.

O curso não objetivava finalizar as discussões sobre o tema durante a sua realização, mas preparar a implementação de um programa de assessoria e acompanhamento permanente da prática pedagógica dos professores, onde se garantisse a participação ativa e a reflexão crítica dos mesmos no processo de construção e desenvolvimento de planejamentos contemplando a temática em questão.

No início do ano letivo das escolas, em 1996, voltamos a entrar em contato com os professores de Física da região, com os quais foi marcada nova reunião para dar continuidade ao trabalho.

Dos 16 professores participantes do curso, 5 retornaram para continuar as discussões.

A partir do mês de março de 1996, este grupo de 5 professores passou a se reunir quinzenalmente com dois acadêmicos do curso de

Mestrado em Educação e um professor, doutor em Ensino de Física, do Departamento de metodologia do Ensino da UFSM.

De forma geral as reuniões envolveram: discussão de temas relativos a conteúdos específicos de Física Moderna; estudo de propostas metodológicas para a inserção de Física Moderna no ensino médio; elaboração conjunta de planejamentos didáticos.

Discussão acerca do desenvolvimento destes planejamentos em sala de aula pelos participantes do grupo; análise crítica dos resultados obtidos desta aplicação.

As reuniões durante os primeiros encontros constituíram basicamente de estudo de conteúdos específicos de Física Moderna, buscando uma atualização dos professores nestes conteúdos e a superação da insegurança dos mesmos tanto em relação a participação nas discussões durante as reuniões do grupo, quanto a idéia de desenvolvimento de tais temas em sala de aula. Para tal foram utilizados textos retirados de livros didáticos de 3º Grau, que passaram a ser lidos e discutidos durante as reuniões.

Aos poucos iniciou-se uma discussão acerca da importância, para o processo de ensino/aprendizagem, da atividade de planejar aulas, considerado, até então, pelos professores uma tarefa com fim meramente burocrático. As discussões sobre este tema se mostraram significativas levando os professores a se entusiasmarem com a perspectiva de um planejamento conjunto.

A partir do mês de maio de 1996 os encontros se voltaram mais especificamente a elaboração de planejamentos didáticos. Foi discutido com os professores a localização de um espaço, dentro dos programas de Física, para a inserção de conteúdos de Física Moderna. Tal discussão foi realizada a partir da apresentação, aos professores de diferentes propostas metodológicas da abordagem da temática Física Moderna dirigida para o ensino médio.

Levando-se em conta que a Física Moderna e Contemporânea não existe nos currículos do ensino médio em nosso país e também que a grande maioria dos professores sequer tiveram informações sobre estes conceitos em sua graduação, foi decidido pelo grupo que seria realizada uma inserção explícita porém moderada, respeitando a tradição dos programas atuais das escolas.

O conceito a partir do qual a Física Moderna seria inserida nos programas é o modelo atômico de Bohr, que permite trabalhar, com os alunos, os limites da Física Clássica e o surgimento da Física Moderna, ressaltando uma ruptura nos conceitos ocorrida no desenvolvimento da ciência.

Para o terceiro ano do segundo grau foi definido que o conteúdo de Óptica Física do programa tradicional, seria tratado de forma diferenciada, tendo como tema geral a "luz". Através deste tema se faria a inserção de aspectos como dualidade onda-partícula e átomo de Bohr.

Para o segundo ano do 2º grau a Física ondulatória foi repensada, foi dada uma ênfase maior para o espectro eletromagnético, abordando mais aprofundadamente as radiações, sua natureza corpuscular e ondulatória e o modelo atômico de Bohr.

Os planejamentos finais contaram basicamente, com os seguintes tópicos:

Sugestão de Programa para Segunda Série do Ensino Médio

Física Térmica

Propagação do Calor

Condução - Convecção - Irradiação (ondas eletromagnéticas)

Física Ondulatória

Classificação das Ondas

Natureza: mecânicas/eletromagnéticas

Direção de Vibração: transversais/longitudinais

Características das Ondas

Comprimento de onda - Frequência - Período - Velocidade

Fenômenos Ondulatórios

Reflexão - Refração - Interferência - Difração - Polarização

Ondas Eletromagnéticas

Espectro Eletromagnético

Natureza da radiação eletromagnética: ondulatória/corpuscular

Interação da Radiação com a Matéria

Natureza da Matéria

Histórico dos modelos atômicos

Crise da Física Clássica e surgimento da Física Moderna

Modelo atômico de Bohr:

produção de luz visível

produção de calor

Sugestão de Programa para Terceira Série do Ensino Médio

Óptica

A Luz e as Coisas à Nossa Volta

Relação Cor/Temperatura

Experimentos:

- decomposição da luz por um prisma
- elevação da temperatura em termômetros envoltos em tecidos de cores diferentes.

Relação Temperatura/Energia

Relação Frequência / Energia

Espectro eletromagnético

Ondas Eletromagnéticas

Espectro Eletromagnético

Natureza da Luz

Histórico: Debate Huygens/Newton

Comportamento dual da luz:

- natureza ondulatória
- interferência - difração - polarização
- natureza corpuscular
- fótons

Interação Luz/Matéria

Natureza da Matéria

Histórico dos modelos atômicos

Crise da Física Clássica e surgimento da Física Moderna

Modelo atômico de Bohr:

produção de luz

cores

O olho humano

Exploração do tratamento geométrico da luz

Concomitantemente ao planejamento dos conteúdos a serem abordados, foram definidas algumas estratégias metodológicas a serem utilizadas, como:

- utilização de questionários para detecção concepções alternativas nos alunos
- estruturação das aulas conforme a proposta dos três momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento
- utilização de demonstrações experimentais para auxiliar a aprendizagem
- abordagem de aspectos relacionados a história da Ciência
- exploração de aspectos do cotidiano

Os planejamentos foram elaborados com a perspectiva de serem trabalhados em, aproximadamente, 15 períodos de 50 minutos cada.

O desenvolvimento do planejamento para a 3ª série em sala de aula iniciou-se no início do mês de outubro, após o término do conteúdo de eletromagnetismo. A aplicação iniciou por duas professoras do grupo e uma aluna do Mestrado em Educação, com cerca de 200 alunos de terceiras séries do ensino médio, em duas escolas da rede oficial de Santa Maria/RS.

A partir do início do desenvolvimento dos planejamentos, as reuniões do grupo passaram a ser semanais, contando com o relato de cada um dos membros sobre o desenvolvimento das aulas, discussão de questões surgidas durante o trabalho em sala de aula e leitura de textos auxiliares ao desenvolvimento dos conteúdos.

O planejamento elaborado para o segundo ano não foi desenvolvido em sala de aula em virtude do atraso em que os professores se encontravam nos conteúdos programados para esta série. Este planejamento será desenvolvido no ano de 1997 pelo grupo.

No final do ano letivo foi realizada uma avaliação das reuniões e do trabalho com os alunos, pelo grupo. Neste momento foram avaliados, pelos professores do ensino médio, alguns avanços alcançados em relação a sua própria prática, a partir do programa de acompanhamento realizado pela equipe durante o ano, como: melhor compreensão de conteúdos específicos de Física e de seu desenvolvimento histórico; mudança de atitude frente ao currículo das escolas, causando motivação para a realização de uma inovação; valorização da atividade de planejamento didático como recurso para a melhoria da prática pedagógica; mudança de comportamento dos alunos com relação as aulas de Física, como consequência do uso de uma nova metodologia voltada para a valorização das concepções e o cotidiano dos alunos; maior valorização da própria prática pedagógica.

Para a continuidade dos trabalhos no próximo ano letivo, será realizado um replanejamento, com discussões mais aprofundadas acerca de conteúdos específicos de Física Moderna e aspectos metodológicos a serem utilizados em um novo desenvolvimento dos planejamentos em sala de aula.

Conclusão

A formação do grupo de professores de Física veio a contemplar a possibilidade de atuação conjunta entre a Universidade Federal de Santa Maria e os professores do ensino médio, através de um programa de educação continuada.

Através deste programa de acompanhamento já se conseguiu, minimamente, uma mudança de atitude dos professores frente aos conteúdos de Física, frente ao currículo das escolas e frente a atividade de planejar. Esta mudança incentivou estes profissionais a uma maior

valorização de sua prática pedagógica e a compreensão da mesma como um instrumento para a melhoria do ensino de Física das escolas.

O grupo tem como perspectiva para a continuidade das atividades, a interação com um maior número de professores de Física do ensino médio. Neste sentido, foi planejada para 1997, a realização de um curso, com duração de 120 horas, voltado ao ensino de Eletromagnetismo e Física Moderna do ensino médio, para a atualização dos professores de Física deste nível de ensino.

Bibliografia

- GIL, D., SENNET, F. y SOLBES, J.; (1989). 'Física moderna en la enseñanza secundaria: una propuesta fundamentada y unos resultados'. In: *Revista Española de Física*, ESP, RSEP, 3(1), 53-58.
- MENEZES, L.C.; (1996). Formação Continuada de Professores de Ciências no Contexto Ibero-americano. São Paulo: Autores Associados
- MOREIRA, A. F.B.; (1996). *Currículos e Programas no Brasil*. 2ª edição. São Paulo: Papirus.
- PACCA, Jesuína Lopes de Almeida; (1992). 'O Profissional da Educação e o Significado do Planejamento Escolar: Problemas dos Programas de Atualização'. In: *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 14(1), 39-42.
- PACCA, Jesuína Lopes de Almeida; (1994). *A Atualização do Professor de Física do Segundo Grau - Uma proposta*. São Paulo/BRA: Tese para obtenção do título de Livre-Docente, Faculdade de Educação da USP.
- SILVA, T.M.N.; (1990). A Construção do Currículo na Sala de Aula: o professor como pesquisador. São Paulo: EPU.
- TERRAZAN, Eduardo A.; (1992). 'A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau'. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 9(3), 209-214.
- TERRAZAN, Eduardo A; (1994). *Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média*. São Paulo/BRA: Tese de doutorado, Faculdade de Educação da USP.
- VILLANI, A.; (1991). 'Planejamento Escolar: um Instrumento de Atualização dos Professores de Ciências'. In: *Revista de Ensino de Física*, 13, 162-177.

APERFEIÇOAMENTO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS ASTRONOMIA NO PRIMEIRO GRAU: CÁLCULO DO RAIOS TERRESTRE

Rute Helena Trevisan (*trevisan@npd.uel.br*)¹
Vanessa M. Barbieri de Castro¹
Cleiton Joni Benetti Lattari (*cleiton@npd.uel.br*)²
1- Universidade Estadual de Londrina
2- Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis

Introdução

O ensino da Astronomia, que nos últimos anos foi transferido do conteúdo de geografia para o conteúdo de ciências nas grades curriculares do primeiro grau, tem se tornado um árdua tarefa para os professores com pouca ou nenhuma preparação deste assunto no seu curso de graduação. Visando sanar esta lacuna, e ao mesmo tempo a falta de bons livros sobre o assunto, como uma solução paliativa, temos oferecido cursos de aperfeiçoamento para professores de ciências, onde apresentamos algumas técnicas de ensino de astronomia, as quais levam uma maior motivação às aulas de ciências.

Para ensinar astronomia, assim como ciências em geral. Devemos apresentá-la de forma prática e ativa. Para contornar o problema a falta de material adequado para o desenvolvimento de alguns tópicos de astronomia e, principalmente para usar a criatividade e estimular o raciocínio do aluno, sugerimos aqui a aplicação de um experimento proposto a 2000 anos atrás (século III a. C.) por Eratóstenes. Para medir o raio da Terra recorreu a um método indireto. A idéia de que a Terra tem a forma esférica já era corrente nessa época (Aristóteles havia citado como argumento a sombra circular projetada pela Terra sobre a Lua sempre que esta se interpõe entre o Sol e a Lua). No dia solstício de verão, na cidade de Siene (atual Aswan), ao meio dia, os raios solares eram exatamente verticais, o que ele verificou a ausência de sombra de uma estaca vertical. Ao mesmo tempo em Alexandria ao norte de Siene sobre o mesmo meridiano, os raios solares faziam um ângulo θ aproximadamente 7.2° com a vertical. Conhecendo a distância s entre Alexandria e Siene, Eratóstenes determinou a circunferência da Terra, $C=2\pi R_T$ onde R_T é o raio da Terra, pela expressão:

$$\frac{s}{(2\pi R_T)} = \frac{7.2^\circ}{360^\circ}$$

O que dá $C=2\pi R_T=50s$. O valor de s usado por Eratóstenes foi 5.000 estádios egípcios, levando a $c=250000$ estádios. Uma estimativa moderna de "stadium" (unidade de comprimento grego) é que equivalia a 157 m o que daria $C=39.250$ Km, um erro menor que 2%. Este método pode ser

trabalhado por crianças do primeiro grau, pois é necessário apenas o conhecimento de ângulo e equação do primeiro grau, assim, a criança perceberá que distâncias maiores que algumas dezenas de metros não se medem usualmente por comparação direta com um metro.

O Experimento

Estamos realizando este experimento no norte do Paraná, utilizando duas cidades que se encontram no mesmo meridiano e a uma distância de aproximadamente 100 Km. Colocamos uma estaca vertical (em relação ao solo) em cada uma das cidades. Consideramos que os raios do Sol chegam paralelos nas cidades A e B (figura 1)

Isto pode ser feito devido à grande distância Sol - Terra e a pequena dimensão da Terra em relação ao Sol. Em ambos os casos, temos sombras produzidas pelas varetas no chão, e que podem ser medidas. Conhecendo-se o comprimento da haste e sua sombra, e usando a definição de tangente, deduzimos os valores dos ângulos produzidos pelos raios de Sol, que não incidem perpendicularmente ao solo, no local.

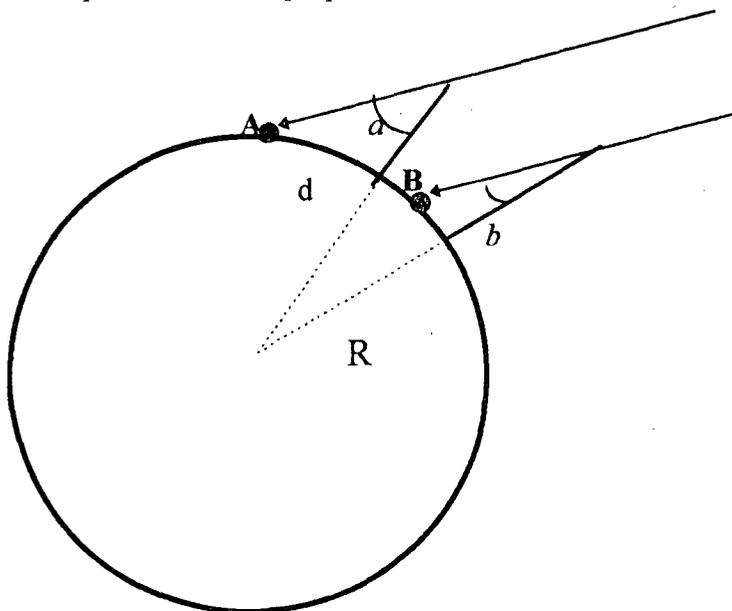


Figura 1 - Raios de Sol paralelos chegando às cidades A e B, situadas na mesma linha meridiana

Seja a o ângulo correspondente a cidade A e b o ângulo correspondente a cidade B (veja figura 1)

Usando a análise geométrica e considerando que duas paralelas cortadas por uma transversal produzem ângulos alternos internos iguais, concluímos pela figura 2 que c é o ângulo central que determina a diferença de posição entre as duas cidades A e B.

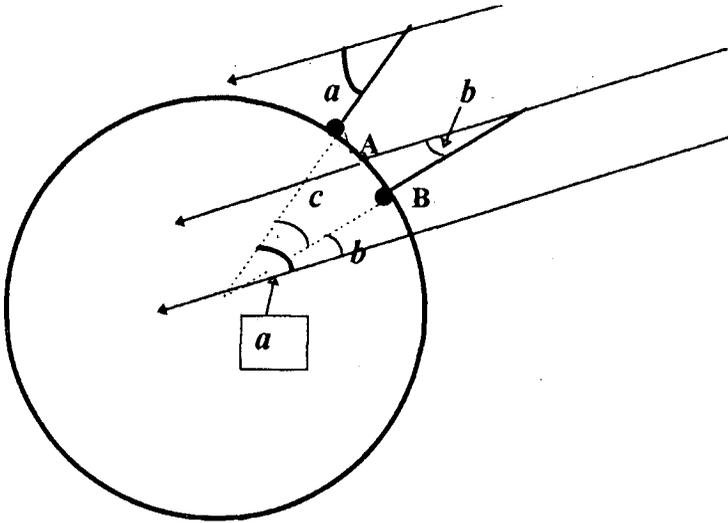


Figura 2 - Análise geométrica dos raios de Sol incidentes em A e B

Pela figura 2:

$$c+b=a$$

logo:

$$c=a-b$$

c é o ângulo cujo arco vale d, a distância entre as cidades A e B.

Podemos escrever:

$$\frac{C}{2\pi} = \frac{d}{c} \text{ ou } \frac{C}{2\pi} = \frac{d}{a-b}$$

onde: a e b são calculados a partir das observações das sombras da haste em um dado instante, em radianos

$C=2\pi R_T$, é a circunferência da Terra, com R_T sendo o raio da Terra

a- ângulo medido na cidade A

b- ângulo medido na cidade B

d- distância entre as cidades A e B, em Km (distância angular na esfera terrestre), é obtida medindo-se a distância num mapa preciso e bem detalhado.

Podemos ainda escrever o Raio da Terra, que é dado por:

$$R_T = \frac{d}{c}$$

O valor de c que é a diferença angular (em radianos) entre a e b é obtido das observações anteriores.

Conclusão

Pretendemos com o experimento, alcançar as metas da metodologia de investigação característica da Astronomia, que é um ciência basicamente observacional. A partir daí, pretendemos proporcionar ao aluno a oportunidade de perceber a abrangência interdisciplinar do conteúdo de ciências, que passa por conceitos de astronomia, geometria, ótica, etc.

Referência

- Rosa, R.M. e Lanciano, N. Ensenanza, 1996.
Trevisan, R.H. e Lattari, C.J.B. Atas do X SNEF, 1993.

EDUCAÇÃO CONTINUADA NO ENSINO DE 1o. e 2o. GRAUS: O CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA DA UNESP - CÂMPUS DE BAURU.

Roberto Nardi,
Lydia S. R. Ruiz,
Elaine S.O. Rodini,
Irene B.F. Vicentini,
Lucídio S. Santos,

Mauri C. Nascimento (pgfc@azul.bauru.unesp.br)
Faculdade de Ciências - UNESP - Câmpus de Bauru

Introdução

A *Faculdade de Ciências da UNESP - Câmpus de Bauru* - é composta de oito departamentos: Física, Química, Biologia, Matemática, Computação, Psicologia, Educação e Educação Física, congregando cerca de 180 docentes. A faculdade vem tradicionalmente desenvolvendo uma série de atividades que visam a melhoria do ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental, junto às escolas de 1º e 2º graus da região de Bauru. tais como: o projeto *Ações integradas para a melhoria do Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental na região de Bauru* (1994) que, uma vez aprovado pela CAPES, permitiu a aquisição de razoável acervo bibliográfico necessário ao desenvolvimento de trabalhos na área; os *Ciclos de Seminários em Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental* cujo objetivo maior foi a instalação de um processo de educação continuada visando a melhoria do ensino na região através da atualização dos docentes, da intensificação do intercâmbio entre a UNESP, as Delegacias de Ensino da região, as Secretarias Municipais de Educação e a comunidade em geral, preferencialmente professores da rede pública e privada de 1º e 2º graus; a implantação da pós-graduação em nível de especialização *lato sensu* e em nível de mestrado e doutorado (*stricto sensu*). O projeto de instalação do Curso de *Mestrado e Doutorado em Educação para a Ciência*, com área de concentração em Ensino de Ciências, encontra-se em fase de implantação, enquanto que o *Curso de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática* foi implantado a partir de agosto de 1995, com previsão de encerramento de sua primeira turma em março de 1997.

O Curso de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática

O Curso de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática foi planejado a partir de alguns dados considerados importantes: um deles foi uma consulta efetuada entre cerca de 70 docentes que participaram do

I Ciclo de Seminários em Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental realizado no primeiro semestre de 1995. A análise dos questionários mostrou que, de uma maneira geral, os docentes nunca tiveram oportunidade de discutir aspectos filosóficos da Educação, bem como da Ciência. Mostrou também que os docentes estavam insatisfeitos com a qualidade de ensino que ministravam, principalmente em dois aspectos: a carência de aulas de laboratório e a necessidade de inserção de aspectos modernos e contemporâneos nessas aulas. Este último aspecto, aliás, coincide com discussões ocorridas nos recentes eventos de ensino de ciências realizados nos últimos anos no país. A in experiência desses docentes em atividades de pesquisa específicas em ensino e a preocupação com a transferência de resultados da pesquisa para situações de sala de aula presente hoje nos encontros de pesquisadores em Ensino de Ciências também foram fatores considerados no planejamento do curso. Foram consultadas também as propostas curriculares da Secretaria de Estado da Educação de São Paulo e as equipes de ensino da então Divisão Regional de Educação de Bauru.

As consultas acima definiram o objetivo maior para o curso, ou seja, repensar a Prática de Ensino dos docentes de Ciências, Física, Matemática, Química e Biologia, a partir de aspectos históricos, filosóficos e epistemológicos da Ciência, entendendo a aprendizagem como um processo de construção do conhecimento onde se respeite as concepções prévias dos estudantes, aspectos da Ciência contemporânea e seus reflexos na sociedade. Como consequência natural das atividades do curso, espera-se que este oportunize a melhoria da integração entre o ensino de 1o. e 2o. graus da região com a universidade que por sua vez poderá ter elementos que contribuam para a reflexão sobre o processo de formação dos licenciados nas diversas áreas da ciência. Neste processo de formação continuada dos docentes, espera-se ainda que se estimule uma reflexão crítica sobre sua prática de ensino, por exemplo, no sentido de levar em consideração os resultados recentes da pesquisa em ensino nas diversas áreas da ciência.

A estrutura Curricular

Levando-se em consideração os objetivos acima propostos bem como as normas para funcionamento de cursos de especialização *lato sensu*, a estrutura curricular do curso, totalizando 360 horas em disciplinas, foi dividida em três blocos, chamados de Núcleo Comum, Disciplinas Específicas e Disciplinas Optativas. As disciplinas do chamado **Núcleo Comum** são obrigatórias a todos os alunos do curso e correspondem a 150 horas de atividades. As **Disciplinas Específicas**, também obrigatórias, dependem da área de opção do candidato, ou seja: Física, Química, Biologia, Matemática e Ciências de 1o. grau e somam 180 horas de atividades. O aluno deve ainda escolher uma dentre as **Disciplinas Optativas**, ou seja, 30 horas de atividades. Além dessas

atividades, totalizando 360 horas em disciplinas, o aluno deverá concluir monografia sob orientação de docente do curso, com tema relacionado a sua prática docente. O quadro de disciplinas de acordo com os blocos é o seguinte:

Núcleo Comum: 150 horas-aula

Disciplina	Carga Horária
Educação Científica: Conteúdos, Pressupostos e Práticas	36 horas-aula
Metodologia da Pesquisa em Ensino de Ciências	36 horas-aula
Iniciação à Pesquisa em Ensino de Ciências	42 horas-aula
Visão Histórico-Filosófica do processo de Construção do Conhecimento Científico	36 horas-aula

Disciplinas Específicas: 180 horas-aula

Área de Biologia

Disciplina	Carga Horária
Celula: A Unidade dos Sistemas Vivos	48 horas-aula
A Continuidade da Vida: Genética e Evolução	24 horas-aula
A Diversidade dos Seres Vivos	60 horas-aula
O Homem na Natureza	48 horas-aula

Área de Matemática

Disciplina	Carga Horária
Subsídios Teórico-Práticos para Aplicação das EMs nas Escolas de 1o. grau	84 horas-aula
Introdução a uma Fundamentação Teórico-Filosófica da Educação Matemática	48 horas-aula
Aspectos da Matemática Elementar sob o Ponto de Vista Avançado	48 horas-aula

Área de Química

Disciplina	Carga Horária
Química Orgânica	60 horas-aula
Físico-Química	60 horas-aula
Química Ambiental, Poluição Química	60 horas-aula

Área de Física

Disciplina	Carga Horária
Física Clássica	96 horas-aula
Física Moderna: História e conceituação	36 horas-aula
Física Contemporânea e Aplicações	48 horas-aula

Área de Ciências

Disciplina	Carga Horária
Física das Transformações	60 horas-aula
Os Seres Vivos e seus Meio Ambiente	60 horas-aula
A Terra como planeta	60 horas-aula

Disciplinas Optativas: 30 horas-aula

Disciplina	Carga Horária
Seminários em Educação Científica	30 horas-aula
Avaliação do Rendimento Acadêmico	30 horas-aula
Reflexões sobre a Ciência e seu Ensino	30 horas-aula
Psicologia e Educação: Análise de Teorias sobre o processo de Ensino e de Aprendizagem	30 horas-aula

O Corpo Docente

O corpo docente do Curso de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática é formado por cerca de 40 docentes, basicamente da Faculdade de Ciências do Câmpus de Bauru dos Departamentos de Física, Química, Biologia, Matemática e Educação. Dois docentes pertencem ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia e Tecnologia (ministram conteúdos ligados à Geologia e Meio Ambiente dentro da disciplina A Terra como planeta, específica para a área de Ciências de 1o. Grau. Embora a titulação mínima exigida por lei é a de mestre, 62% do corpo docente é constituída de doutores. Os pesquisadores em Ensino de Ciências e em Educação ministram as disciplinas do Núcleo Comum e Optativas. Os pesquisadores das diversas áreas da Ciência ministram as disciplinas específicas das áreas de concentração do curso. Cada uma das áreas tem um coordenador. O Curso tem um coordenador geral.

O Corpo Discente

O corpo discente é formado por licenciados e bacharéis em Física, Química, Biologia e Matemática e portadores de diplomas de Licenciatura Curta em Ciências. Excepcionalmente são admitidos no curso outros profissionais que estejam atuando como docentes nas respectivas áreas oferecidas.

Referência Bibliográfica

UNESP - Universidade Estadual Paulista. Processo 190/46/01/95 -
UNESP - Câmpus de Bauru - Faculdade de Ciências (solicita
autorização para ministrar o curso de especialização *lato sensu*
em Ensino de Ciências e Matemática).

ARTICULAÇÃO DA UNIVERSIDADE COM O ENSINO DE 1º E 2º GRAUS: AS ATIVIDADES DO PROJETO “AÇÕES INTEGRADAS PARA A MELHORIA DO ENSINO DE CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA REGIÃO DE BAURU”

Roberto Nardi (Nardi@azul.bauru.unesp.br)
Depto. de Educação - Faculdade de Ciências UNESP - Câmpus de Bauru

A UNESP - Estrutura e Abrangência

A Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) é importante Universidade pública e a maior instituição de ensino superior do interior do Estado de São Paulo. Com ampla distribuição territorial, está estabelecida na Capital do Estado e em mais 14 municípios, contando com 24 institutos e faculdades, além de centros de estudos, unidades especiais e mais de 500 laboratórios. Oferece 80 cursos de graduação, 91 programas de mestrado e 67 programas de doutorado. Em suas atividades estão envolvidos mais de 3.500 professores e cerca de 20.000 alunos.

Uma das peculiaridades da UNESP, que a diferencia de outras universidades, é o fato de possuir uma estrutura *multicampus*. A presença da UNESP em todo o Estado tem concorrido para uma melhor difusão do saber sistematizado e da cultura universitária, favorecendo tanto o acesso ao ensino superior público e gratuito, como também a disseminação dos conhecimentos produzidos nas atividades de pesquisa, a prestação de serviços à comunidade e o desenvolvimento de pesquisas científicas que busquem responder às necessidades regionais.

O Câmpus de Bauru

O Câmpus de Bauru da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” conta com três Unidades Universitárias: Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação; Faculdade de Ciências; Faculdade de Engenharia e Tecnologia. Atendendo mais de 3.000 alunos matriculados em seus 14 cursos, a UNESP-Bauru conta também, com o Colégio Técnico “Isaac Portal Roldan”, onde cerca de 700 alunos da região cursam um ensino de 2º grau profissionalizante. O Câmpus de Bauru sedia outros órgãos de reconhecida utilidade pública, tais como a Rádio UNESP FM, o Centro de Psicologia Aplicada (CPA) e o Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet).

A Faculdade de Ciências da UNESP - Câmpus de Bauru

A Faculdade de Ciências da UNESP, Câmpus de Bauru, congrega oito departamentos (Física, Química, Ciências Biológicas, Matemática, Computação, Psicologia, Educação Física e Educação) com cerca de 180

docentes, que respondem pelas disciplinas dos cursos de licenciatura nas áreas de Física, Ciências Biológicas, Matemática, Psicologia, Educação Física e Computação. As disciplinas de conteúdo pedagógico dos diferentes cursos de licenciatura são ministradas pelo Departamento de Educação. Os docentes da Faculdade de Ciências atuam ainda em disciplinas oferecidas na Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação e na Faculdade de Engenharia e Tecnologia.

Dentre os docentes da Faculdade de Ciências, há vários pesquisadores ligados especificamente à pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática que, em conjunto com pesquisadores das diversas outras áreas de pesquisa, desenvolvem ações visando a melhoria do Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental na região.

As Ações Integradas para a Melhoria do Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental na Região de Bauru

Com relação especificamente à pesquisa e extensão em Ensino de Ciências, os departamentos da Faculdade de Ciências vêm desenvolvendo, nos últimos anos, importantes iniciativas, tais como:

(a) várias ***ações de extensão dirigidas especificamente ao ensino de 1o. e 2o. graus da região***, em convênios envolvendo Secretarias Municipais de Educação de diferentes cidades e várias Delegacias de Ensino da Secretaria de Estado da Educação;

(b) o ***Projeto de Expansão e Consolidação de Acervo Bibliográfico para o Ensino de Ciências e Matemática***, com suporte financeiro da CAPES, visando implementar uma infra-estrutura para as ações na área;

(c) Os ***Ciclos de Seminários em Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental***, que focalizam temas como, por exemplo, Ciência Contemporânea e Ensino e Pesquisas em Ensino de Ciências e vêm oferecendo oportunidade de atualização de docentes das diversas áreas da Ciência, numa rica troca de experiências entre os professores da região e os pesquisadores de diversas áreas da Ciência e da Educação. Estes ciclos, semestrais, iniciados em março de 1995, encontram-se atualmente em sua quarta etapa.

(d) a Edição da Revista ***Ciência & Educação***, já em seu terceiro número, iniciada a partir de artigos baseados nos seminários proferidos nos Ciclos de Seminários acima descritos;

(e) o ***Curso de Especialização lato sensu em Ensino de Ciências e Matemática***, iniciado em agosto de 1995, oferecendo 70 vagas a docentes de Física, Química, Biologia, Matemática e Ciências em exercício nas escolas ligadas às Delegacias de Ensino de Bauru e região.

(f) o ***Núcleo de Ensino da UNESP-Câmpus de Bauru*** que já desenvolveu diversos projetos financiados pelo Núcleo de Ensino da UNESP, sob supervisão da Pró-Reitora de Graduação da UNESP; outros projetos referentes a recente edital estão sendo encaminhados.

g) o desenvolvimento de várias *pesquisas sobre o Ensino de Ciências cadastradas à CPRT da UNESP e várias dissertações de Mestrado e teses de doutorado junto aos cursos de pós-graduação frequentados por pesquisadores da área.*

h) o *Curso de Pós-Graduação stricto sensu - Mestrado e Doutorado em Educação para a Ciência*, que tem se constituído num importante pólo aglutinador das discussões sobre a melhoria de Ensino de Ciências na região. O Curso, que prevê 20 vagas em sua primeira turma, está em fase de implantação, com início das atividades previsto para março de 1997.

Uma preocupação que sempre esteve presente era de que as diversas ações descritas acima viessem a constituir um conjunto cada vez mais integrado e abrangente, e a partir de tal preocupação foram criadas as *Ações Integradas para a Melhoria do Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental na região de Bauru*, projeto cujas atividades têm mostrado crescente retorno tanto para a universidade quanto para a sociedade como um todo.

A idéia maior, entretanto, é institucionalizar estas *Ações Integradas*, com o apoio da Reitoria da UNESP e de órgãos financiadores da pesquisa e do desenvolvimento do Ensino de Ciências. Note-se, a este respeito, que alguns destes órgãos já vêm apoiando parcialmente algumas das ações: a Fundação para o Desenvolvimento da UNESP - FUNDUNESP - financia projetos de pesquisa específicos de docentes; os *Ciclos de Seminários em Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental* contam com o apoio da Pró-Reitoria de Extensão à Comunidade da UNESP - PROEX; A CAPES/PADCT - através de seu Subprograma de Educação para a Ciência (SPEC), têm apoiado projetos voltados para a área, tais como o Projeto de Acervo Bibliográfico sobre Ensino de Ciências (Edital 02/93-01); e a Biblioteca do Câmpus de Bauru que, em convênio com a FAPESP, tem acrescentado às *Ações Integradas* significativo apoio através de aquisição de acervo em nível nacional, objetivando, por exemplo, a constituição de um banco de teses e dissertações defendidas nos últimos anos na área.

Em função das diversas ações acima mencionadas e da implantação do Curso de Mestrado e Doutorado em *Educação para a Ciência* a partir de 1997, entende-se que a instalação de um *Centro Interdisciplinar de Pesquisa e Desenvolvimento em Educação para a Ciência* na região constituiria iniciativa de enorme importância para potencializar as atividades de pesquisa aplicada ao Ensino de Ciências Exatas e Biológicas e às atividades de extensão propriamente ditas, tanto em termos de articulação entre estas como em termos de seus resultados e benefícios para a Universidade e a comunidade. A implantação deste centro, constituir-se-ia numa iniciativa inovadora, numa região que conta atualmente com cerca de 800.000 habitantes distribuídos em aproximadamente 40 municípios, localizados no centro do Estado de São Paulo.

Cabe, por fim, ressaltar que a Faculdade de Ciências de Bauru apresenta as condições institucionais relevantes para nuclear a iniciativa proposta, uma vez que em seus quadros encontramos profissionais qualificados em Ciências Biológicas, Matemática, Física, Química, Psicologia, Computação, Educação Física e Educação. O Câmpus de Bauru conta ainda com profissionais da área tecnológica (engenharias, Geologia e tecnologias) e da área de Ciências Humanas (Arquitetura, Artes e Comunicação) cujo interesse nos problemas da Ciência e do Ensino de Ciências enriquecerá sobremaneira o projeto em questão. O êxito da iniciativa se complementará com a parceria e/ou assessoria de programas similares instalados com sucesso no Brasil e no exterior.

UMA PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA NA UNESP

Roberto Nardi, José Misael do Vale,
Maria Sueli Arruda, Momotaro Imaizumi (*pgfc@azul.bauru.unesp.br*)
Faculdade de Ciências - UNESP - Câmpus de Bauru

Retrospectiva

A Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, através de seu plano trienal referente ao período 1990-1992, propôs-se a implantar três Centros Integrados de Pós-Graduação: o de Ciência e Tecnologia, em Guaratinguetá, o de Ciências Políticas, em São Paulo, e o de Ensino de Ciências, na Faculdade de Ciências de Bauru, que deveria oferecer programas de Mestrado e Doutorado na área de Ensino de Ciências. Como suporte para o desenvolvimento do projeto denominado "Centro de Pesquisa e Desenvolvimento do Ensino de Ciências", a UNESP-Bauru poderia contar com a colaboração das diversas unidades da Universidade e de outras instituições do país e do exterior, através de convênios a serem estudados oportunamente.

Com o intuito de concretizar a idéia, a Reitoria da UNESP, por meio da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, realizou em Bauru, no período de 27 a 30 de abril de 1991, o *Encontro de Pós-Graduação em Ensino de Ciências*. O evento contou com a participação de docentes de diferentes campus da UNESP e professores convidados que, naquela oportunidade, refletiram sobre a importância, os problemas e as dificuldades de implantação de um projeto como o previsto.

Desde então, as perspectivas de implantação do referido curso foram exaustivamente estudadas por um grupo de docentes e pesquisadores do Câmpus de Bauru que, a partir das sugestões e críticas de diversos setores da UNESP, elaborou um projeto de pós-graduação posteriormente submetido à crítica dos docentes presentes à *Reunião Técnica para Implantação do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência* realizada em abril de 1995 no Câmpus de Bauru.

A UNESP: Estrutura e Abrangência

A Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), criada pela Lei nº 952 de 30 de janeiro de 1976, é importante Universidade pública e a maior instituição de ensino superior do interior do Estado de São Paulo. Com ampla distribuição territorial, está estabelecida na Capital e em mais 14 municípios, contando com 24 institutos e faculdades, além de centros de estudos, unidades especiais e mais de 500 laboratórios. Oferece 80 cursos de graduação, 91 programas de mestrado e 67 programas de doutorado. Em suas atividades estão envolvidos mais de 3.500 professores (em 1993) e cerca de 20.000 alunos.

Uma das peculiaridades da UNESP, que a diferencia de outras universidades, é o fato de possuir uma estrutura multicampus. A presença da UNESP em todo o Estado tem concorrido para uma melhor difusão do saber sistematizado e da cultura universitária, favorecendo tanto o acesso ao ensino superior público e gratuito, como também a disseminação dos conhecimentos produzidos nas atividades de pesquisa, a prestação de serviços à comunidade e o desenvolvimento de pesquisas científicas que busquem responder às necessidades regionais. O interior do Estado de São Paulo apresenta hoje uma vida cultural significativa, e certamente a UNESP tem dado importante contribuição neste sentido.

A Faculdade de Ciências da UNESP - Câmpus de Bauru

A Faculdade de Ciências da UNESP - Câmpus de Bauru congrega oito departamentos (Física, Química, Ciências Biológicas, Matemática, Computação, Psicologia, Educação Física e Educação), os quais respondem pelas disciplinas dos cursos de licenciatura nas áreas de Física, Ciências Biológicas, Matemática, Psicologia e Educação Física, bem como pela maior parte das disciplinas do Curso de Ciências da Computação. As disciplinas de conteúdo pedagógico dos diferentes cursos de licenciatura são ministradas pelo Departamento de Educação. Os 184 docentes da Faculdade de Ciências atuam ainda em disciplinas oferecidas na Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação e na Faculdade de Engenharia e Tecnologia.

Com relação especificamente à pesquisa e extensão em Ensino de Ciências, os departamentos da Faculdade de Ciências vêm desenvolvendo, nos últimos anos, algumas importantes iniciativas: (a) ações de extensão e pesquisa dirigidas especificamente ao ensino de 1o. e 2o. graus da região, em diversos convênios com secretarias municipais de diferentes cidades e com a Secretaria de Estado da Educação (através da DRE de Bauru, hoje dividida em diversas Delegacias de Ensino); (b) o *Projeto Ações Integradas para a Melhoria do Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental na Região de Bauru*, que tem suporte financeiro da CAPES (PADCT/SPEC); (c) Os *Ciclos de Seminários em Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental*, iniciados em março de 1995 com o tema *Ciência Contemporânea e Ensino*, e que têm oferecido oportunidade de uma rica troca de experiências entre os professores da região e os pesquisadores da Universidade; (d) o *Curso de Especialização lato sensu em Ensino de Ciências e Matemática*, iniciado em 1995, oferecendo 70 vagas a docentes em exercício nas escolas da região; (e) o Grupo de Estudos e Desenvolvimento do Ensino na UNESP (GEDEU), que tem realizado em Bauru, uma série de atividades visando a melhoria do ensino de graduação. Uma preocupação constante é a de que as diversas ações descritas acima venham a constituir um projeto cada vez mais integrado e abrangente, com crescente retorno tanto para os docentes envolvidos quanto para a sociedade como um todo.

O projeto de implantação do Curso de Pós-Graduação em *Educação para a Ciência* na Faculdade de Ciências da UNESP é, portanto, uma das atividades de um programa maior, as "Ações integradas para a melhoria do ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental" do qual fazem parte também os *Ciclos de Seminários em Ensino de Ciências, Matemática e Educação Ambiental* e o *Curso de Especialização lato sensu em Ensino de Ciências e Matemática*. Este projeto tem se constituído num importante pólo aglutinado das discussões sobre a melhoria de Ensino de Ciências na região.

Educação para a Ciência

O programa de Pós-Graduação voltado para o Ensino de Ciências deverá ter como núcleo de pesquisa a Ciência, a Educação e as relações entre saber científico e seu ensino, de maneira a incentivar a reflexão sobre os processos envolvidos na construção dos conhecimentos científicos e tecnológicos, e a contribuir para a produção de um corpo de conhecimentos filosóficos, científicos e pedagógicos destinados à formação do profissional capacitado a:

- exercer uma ação didática que esteja fundamentada em conhecimentos filosóficos, históricos, sociológicos, psicológicos, pedagógicos etc., e não em mero conhecimento empírico ou de senso comum;
- desenvolver projetos coletivos que permitam estruturar conteúdos, experiências e currículos para o Ensino de Ciências, gerando condições institucionais que estimulem a disseminação da cultura científica e tecnológica através de uma educação científica inovadora e sintonizada com as necessidades maiores da sociedade;
- criar caminhos que estimulem a democratização e a divulgação do conhecimento científico em diferentes camadas sociais;
- articular o Ensino de Ciências à realidade e às necessidades da população estudantil;
- evidenciar as relações entre Ciência, Tecnologia, Educação e qualidade de vida;
- evidenciar as relações entre os conhecimentos científicos, os conhecimentos da história e da filosofia da ciência, e os debates mais amplos acerca da democratização da sociedade, dos caminhos para a melhoria das condições de existência dos indivíduos no país e no mundo;
- mostrar com clareza o papel da ciência no mundo contemporâneo, convertendo o Ensino de Ciências em espaço de formação cultural e de formação para a cidadania; e
- compreender que as decisões sobre currículos, estratégias de ensino, práticas adotadas em sala de aula etc. derivam necessariamente de visões de mundo e posicionamentos de

caráter político-social que os professores assumem, de modo que o ensino não possa ser considerado atividade neutra.

- pensar o Ensino de Ciências como síntese de estudos e pesquisas que tomem como referência o ensino e a aprendizagem de um saber científico e tecnológico acessível a todos os níveis da população estudantil;
- participar da produção de conhecimentos que venham a integrar um corpo teórico organizado e permitam a médio e longo prazos influenciar expressivamente a formação de professores de ciências das escolas de diferentes níveis (1º e 2º graus e ensino superior);
- contribuir na formação continuada do maior número possível de professores, no sentido do desenvolvimento de uma consciência crítica em relação ao Ensino de Ciências e
- coordenar esforços para viabilizar a implementação de um Centro Interdisciplinar de Pesquisa e Desenvolvimento do Ensino de Ciências.

Considerando as diversas preocupações mencionadas até aqui, quatro linhas de pesquisa, foram propostas para integrar o Programa de Pós-Graduação em *Educação para a Ciência*. O Quadro abaixo, elaborado a partir de sugestões oriundas da Reunião Técnica para Implantação do Programa de Pós-Graduação em *Educação para a Ciência*, apresenta as possíveis temáticas iniciais de pesquisa do programa, dentro das linhas anteriormente propostas:

Linhas de Pesquisa	Temáticas possíveis
Fundamentos Filosóficos, Históricos e Epistemológicos da Ciência e o Ensino de Ciências	- Os Paradigmas científicos e os modelos de ensino de ciências em diferentes contextos históricos e sócio-culturais - Conhecimento científico: racionalidade, objetividade e historicidade - Relações entre os fundamentos filosóficos, epistemológicos e históricos da ciência e o ensino de ciências
Formação do Professor e do Pesquisador em Ensino de Ciências	- Formação do professor de Ciências - Produção, avaliação e utilização de material de apoio para a Educação em Ciências
Currículos, Programas e o Processo de Ensino e Aprendizagem de Ciências	- Laboratório (experimentação) no Ensino de Ciências - Ensino e aprendizagem de Ciências - Inserção de tópicos de ciência moderna e contemporânea nos currículos
Ensino de Ciências e Meio Ambiente	- Aspectos críticos e analíticos da relação homem-natureza - Caminhos, estratégias e material de apoio para a Educação Ambiental - Desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento científico.

Cabe ressaltar que a Faculdade de Ciências de Bauru apresenta condições institucionais relevantes para nuclear a iniciativa proposta, uma vez que em seus quadros encontramos profissionais qualificados em Ciências Biológicas, Matemática, Física, Química, Psicologia, Computação, Educação Física e Educação. O Câmpus de Bauru conta ainda com profissionais da área tecnológica (engenharias, Geologia e tecnologias) e da área de Ciências Humanas (Arquitetura, Artes e Comunicação) cujo interesse nos problemas da Ciência e do Ensino de Ciências enriquecerá sobremaneira o Programa em questão. Além disso, a UNESP como um todo dispõe de numerosos profissionais especializados e altamente qualificados interessados em somar esforços na concretização dessa proposta.

O êxito da iniciativa se complementarará com a parceria e/ou assessoria de programas similares instalados com sucesso no Brasil e no exterior.

Estrutura Curricular do Curso

O Curso de Mestrado e Doutorado em *Educação para a Ciência* deverá ater-se inicialmente apenas à Área de Concentração *Ensino de Ciências*. Neste sentido, as disciplinas Específicas da Área de Concentração deverão estar relacionadas diretamente à questão do Ensino de Ciências ou à 'interdisciplinaridade' contida na expressão *Ensino de Ciências*.

Por sua vez, as disciplinas do chamado Domínio Conexo deverão ser complementares às disciplinas específicas da área de concentração, e portanto deverão versar especificamente sobre conteúdos de Educação, Ciência pura e/ou aplicada e às questões sociais pertinentes.

Em alguns casos, para se minimizar o subjetivismo na classificação das disciplinas, optou-se por agrupá-las também levando-se em consideração as linhas de pesquisa, os currículos e as áreas de atuação dos pesquisadores responsáveis.

Entende-se também que a 'interdisciplinaridade' presente num programa do tipo *Educação para a Ciência* faz com que a gama de disciplinas oferecidas seja mais ampla, ao contrário do que tende a ocorrer, por exemplo, nos programas de Ciência pura ou de Educação. Tal característica exigirá especial cuidado do orientador e orientando no desenho dos currículos e programas de estudo a fim de que os objetivos propostos sejam satisfatoriamente alcançados.

As disciplinas, divididas segundo os critérios acima descritos, são as seguintes:

Disciplinas da Área de Domínio Específico de Concentração
Desenvolvimento software educativo na área de Ciências e Matemática
A mudança conceitual na História da Ciência e no Ensino de Ciências
Psicologia da Educação
Avaliação do Rendimento Acadêmico

Natureza, Ciência e Meio Ambiente: suas diversas faces
Visão Histórico-Filosófico do Processo de Construção do Conhecimento Científico
Tendências da Educação Brasileira
Técnicas de Laboratório para o Ensino de Física - Oscilações, Eletricidade e Magnetismo
Técnicas de Laboratório para o Ensino de Física-Mecânica e Calor
Metodologia da Pesquisa Científica
Ciência da Atmosfera Noções Básicas
Tópicos de História e Filosofia da Física
Geociências e Ensino de 1º e 2º Graus
Educação, Cidadania e Memória Social
Uso de Insetos para o Ensino de Genética
Design no Ensino de Ciências
História da Ciência: Difusão e Instituição da Ciência Moderna na Sociedade
Visão Histórico-Crítico de Educação e a Pesquisa em Ensino Ciências
Física para o Ensino de 1º Grau: Uma Abordagem Experimental
Aprendizagem de Conceitos Científicos
Inglês Instrumental para o ensino da Ciência e Tecnologia
Fundamentos de Cálculo Aplicado ao Ensino das Ciências
Educação Ambiental: A problemática dos Resíduos Sólidos e Urbanos
Ensino de Ciências com enfoque Construtivista: Referenciais Teóricos
Filosofia da Educação
História Cultural: Práticas de Leitura e Representações Sociais
A Ciência da Natureza na Grécia Antiga: os Filósofos Jônios e a Física dos Contra
Instrumentação para o Ensino da Física Básica em Laboratório
Metodologia da Pesquisa em Ensino de Ciências
Desenvolvimento do Psiquismo Humano e a Educação

Disciplinas da Área de Domínio Conexo
Introdução à Ciência dos Materiais
Métodos Numéricos aplicados às Ciências
Genética Aplicada à Biologia Social
Teoria Elementar das transform. geométr. do plano Euclidiano e aplicações
Sexualidade, Reprodução e Sociedade
Psicotecnologias Gestálticas aplicadas ao desenvolvimento da atitude científica
Acústica, Ruídos e Meio Ambiente
Ensino de Ciências e os Processos Físicos da Agricultura
Elementos de Física da Matéria Condensada
Introdução à Física de Semicondutores
Técnicas Alternativas no Ensino da Anatomia do Corpo Humano
Educação em Saúde
Sistemas Eletroquímicos e Meio Ambiente
Fundamentos de Matemática Elementar para o Ensino de Ciências
Introdução à Física Matemática
Estudo da Degradação do Meio Físico e o Ensino de Ciências

Ciência da Atmosfera - Temas Atuais
Métodos de Estudo da Vegetação
Mecânica Quântica
O processo de Alfabetização e o Ensino de Ciências

Os Corpos Docente e Discente

O Corpo Docente do Curso é constituído por 54 docentes em sua maioria por profissionais das áreas da Ciências Exatas, Biológicas e Ambientais (tais como Física, Química, Biologia, Matemática, Geologia, Engenharia e Meteorologia), Ciências Humanas (Educação, Psicologia, Arquitetura, Artes e Comunicação) pesquisadores específicos em *Ensino de Ciências* e outras áreas correlatas. Os docentes, em sua maioria da UNESP e pertencentes às áreas acima descritas, definiram durante a Reunião Preparatória de Implantação do Programa, as áreas de interesse dentro do curso. O número de vagas a ser ofertado inicialmente será de 20 para Mestrado e, assim que consolidado, dar início aos trabalhos em nível de doutorado.

O número de orientandos por orientador foi fixado em seis, segundo o Regulamento do Curso. Por se tratar de um programa novo, não só em nível de UNESP mas também em nível nacional, acredita-se que o ideal seria que as orientações se limitassem ao número de duas, progredindo até seis, posteriormente. Devido às especificidades de uma pós-graduação em *Educação para a Ciência*, com seu caráter interdisciplinar, o regulamento do Curso prevê a possibilidade da figura do co-orientador em alguns casos específicos, isto é, quando necessário. Neste caso, o número total de orientandos (em nível de orientação e co-orientação) deverá ser seis.

Fontes de Recursos financeiros devido aos encargos do curso

O curso de Mestrado e Doutorado em *Educação para a Ciência* é inédito na UNESP, sendo o primeiro curso de pós-graduação a ser sediado na Faculdade de Ciências do Campus de Bauru. Os recursos necessários para a sua instalação deverão fazer parte do orçamento da unidade, através da Seção de Pós-graduação a ser implantada.

Deverão também oportunamente serem acionados diversos órgãos financiadores, tais como: CAPES (dentro do PADCT em seu subprograma de Melhoria do Ensino de Ciências - SPEC); UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization através de seu escritório regional em Caracas, Venezuela; CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa e outros.

PROJETOS DE FORMAÇÃO CONTINUADA E SUAS PERSPECTIVAS DE MUDANÇAS

Rita C. A. Braúna¹
Isilda Sampaio Silva²
Sérgio M. Bisch³
Yassuko Hosoume²

1 - FEUSP e UFV 2 - IFUSP 3 - FEUSP e UFES

Introdução

A formação continuada de professores de Física ou Ciências, não é novidade no país. Este tipo de trabalho vem sendo feito pelo menos desde a década de 50 (Alvarenga Álvarez, 1991), mas, desde então, vem sofrendo transformações e tomando características diferentes. Se ela já foi necessária nas décadas anteriores, hoje, mais do que nunca pode-se afirmar a sua necessidade. No mundo contemporâneo, as mudanças culturais e sócias vêm ocorrendo em ritmo acelerado, fazendo com que também a educação venha sofrendo grandes transformações, implicando na necessidade de atualização permanente dos professores. Além disso, tal formação justifica-se pelas características intrínsecas à própria profissão de educador: um profissional que trabalha a formação e desenvolvimento de outras pessoas, com a transmissão e transformação da cultura, e que, por isso mesmo, necessita ele próprio estar engajado num processo de permanente desenvolvimento pessoal, profissional e cultural. Por outro lado, o processo de desqualificação deste profissional só aumentou nas últimas décadas, como consequência de diversos fatores como a massificação do ensino, o desestímulo às licenciaturas e a política de baixos salários.

Como contraponto a esta situação dramática, nas duas últimas décadas vem sendo incentivado o desenvolvimento de inúmeros projetos que visam a melhoria da qualidade do ensino de Física e Ciências, nas escolas públicas de 1^o e 2^o Graus, através da formação continuada de professores, seja por programas financiados pelo MEC (SPEC/PADCT), seja por convênios entre universidades, secretarias de educação e instituições internacionais, como o Banco Mundial.

O objetivo deste trabalho é tentar caracterizar a natureza destes projetos. Pretende-se levantar as perspectivas de mudança que vislumbram e como se diferenciam em relação ao conteúdo e às metodologias de ensino. Para isso, serão analisados projetos desenvolvidos em nosso país cujos relatos são apresentados a partir de 1990.

Análise dos Projetos

Utilizamos como fontes de dados os artigos da Revista Catarinense de Ensino de Física, da Revista Brasileira de Ensino de Física, dos trabalhos dos Simpósios Nacionais de Ensino de Física e da Reunião Latino-Americana sobre Educação em Física e o relatório "A Universidade e Aprendizado Escolar de Ciências" do projeto USP/BID.

Estas fontes foram escolhidas por sua abrangência e representatividade a nível da produção e divulgação dos trabalhos realizados nesta área de atuação em nosso país. A tabela abaixo indica a distribuição por fonte dos 45 trabalhos referentes a projetos de formação continuada que julgamos conter informações suficientes para sua caracterização:

Tabela 1

Fonte	BID/USP	SNEF	Cad. Catarin.	Rev. Brasileira	RELAEF
Nº de trabalhos	09	21	05	03	07

Para compreender a natureza dos trabalhos, usamos como referência uma análise de projetos de atualização feita por Martins e Souza (Martins, I. e Souza, G.A., 1993) e, adaptando-a em função de nossa pesquisa, elaboramos para a caracterização dos projetos as seis abordagens seguintes:

1. Mudança Conceitual: enfatiza a utilização de estratégias que visam promover uma alteração nas concepções e na maneira de pensar de "senso comum" dos professores de forma a conduzi-los à adoção das concepções e modo de pensar científicos.

2. Experimentação: enfatiza o uso de experimentos para promover a construção dos conceitos científicos.

3. Cotidiano: a grande referência para a seleção dos conteúdos e estratégias a serem trabalhados são fatos, processos e fenômenos do cotidiano dos professores e estudantes, com os quais estes têm um relativo grau de familiaridade, colocando-os no centro do processo de elaboração do conhecimento, extrapolando a mera evocação de vivências para exemplificação ou ilustração.

4. Interdisciplinaridade: visa o estudo integrado de conteúdos científicos a partir da seleção de tópicos e atividades que propiciem uma síntese envolvendo mais de uma área do conhecimento.

5. Lúdica: utiliza atividades lúdicas (jogos, desafios, dramatizações, experimentações) para desencadear o interesse, a motivação, o envolvimento e o prazer na aprendizagem de conteúdos científicos.

6. História e Filosofia da Ciência: procura situar a ciência no contexto de suas primeiras conceitualizações e da evolução de suas idéias através do tempo, discutindo a natureza e a estrutura do conhecimento científico.

A análise dos trabalhos selecionados mostrou que vários deles correspondem a um mesmo projeto de formação continuada: os 45 trabalhos correspondem a 23 projetos. Além disso, alguns deles podem apresentar mais de uma abordagem. Na tabela a seguir apresentamos a classificação dos projetos segundo as abordagens:

Tabela 2

Abordagem	Mudança conceitual	Experimentação	Cotidiano-vivência	Interdisciplinaridade	Lúdica	História e Filosofia da Ciência	Não foi possível classificar
Nível de ensino	1º e 2º graus	1º e 2º graus	1º e 2º graus	1º grau	1º grau	1º e 2º graus	1º e 2º graus
Nº de projetos	04	10	02	02	03	05	04

Esta classificação fornece informações da ênfase dada em cada projeto com relação à linha de abordagem. Contudo, não oferece elementos para compreender as perspectivas de mudanças propostas em termos de conteúdo e metodologia. Com o intuito de obter este tipo de compreensão, realizamos uma segunda classificação envolvendo a elaboração de novas categorias de análise:

1. Revisão de conteúdo: objetiva uma maior compreensão de conteúdos tradicionais, p. ex., leis de Newton, tendo como meta fazer com que o professor tenha um domínio maior destes conteúdos.

2. Inovação de conteúdo: visa a compreensão de conteúdos não tradicionais, como tópicos de História e Filosofia das Ciências, Física Moderna, Astronomia, etc.

3. Atualização pedagógica: busca uma mudança na maneira de ensinar, mas não necessariamente no conteúdo ensinado, como, por exemplo, no caso da busca da adoção de uma perspectiva construtivista, dialógica, lúdica, experimental, etc.

4. Reestruturação do conteúdo: reorganiza o conteúdo tradicional modificando as articulações da estrutura dos conceitos a partir de uma redefinição das prioridades educacionais, por exemplo, no caso das abordagens temáticas e do cotidiano.

Classificando os projetos em termos das quatro categorias, obtivemos a seguinte distribuição em termos de percentuais do total de projetos classificados em cada abordagem:

Tabela 3

	Mudança conceitual	Experimentação	Cotidiano-vivência	Interdisciplinaridade	Lúdica	História e Filosofia da Ciência
Revisão de conteúdo	100%	80%		100%	67%	20%
Inovação de conteúdo		20%	100%		33%	40%
Atualização pedagógica	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Reestruturação do conteúdo			100%		33%	

Considerações Finais

Analisando a tabela 2 observa-se um número maior de projetos classificados na abordagem experimentação, o que sugere uma ênfase nesta linha. No entanto, é preciso considerar que a análise quantitativa dos dados desta tabela deve ser feita com o devido cuidado, uma vez que não traduz as múltiplas características apresentadas pelos projetos: sua natureza, extensão, profundidade, duração, consolidação, número de docentes envolvidos, etc. Além disso, nota-se que as abordagens interdisciplinaridade e lúdica são exclusivas do primeiro grau.

A análise da tabela 3 indica que, em relação às mudanças pretendidas, todos os projetos preocupam-se com a atualização pedagógica, ou seja, com uma mudança na forma de ensinar. Observa-se também que todos eles pretendem realizar um revisão dos conteúdos tradicionais, a exceção dos que foram classificados na abordagem cotidiano/vivência. Quanto à preocupação com a inovação de conteúdo, constata-se que está presente em alguns dos projetos das linhas da experimentação, lúdica e História e Filosofia da Ciência e é plenamente incorporada pelos da linha do cotidiano-vivência. Por sua vez, a reestruturação de conteúdo é parcialmente contemplada pela abordagem lúdica e integralmente pela do cotidiano-vivência.

Este foi um estudo preliminar que, futuramente, merece ser ampliado e aprofundado através de outras fontes, como dissertações e teses, relatórios originais de projetos, etc., por possuírem uma amplitude de informações que fornecerão mais subsídios para a caracterização destes e de outros projetos em termos de referenciais teóricos, duração, número de pessoas envolvidas, etc.

Referências

- Alvarenga Álvarez, B. - 1991 - A Formação do Professor em Serviço. Atas do IX SNEF, São Carlos, p.95-101.
- Martins, I., Souza, G.A. - 1993 - Os Projetos de Ensino de Ciências e a Atualização Continuada no Rio de Janeiro. Atas do X SNEF, Londrina, p. 518-523.

OBSTÁCULOS E POSSIBILIDADES PARA A IFMC NO 2º GRAU³⁹

Marly da Silva Santos,
Lúcia da Cruz de Almeida e
Isa Costa

Instituto de Física (IF) - Universidade Federal Fluminense (UFF)

1) Introdução

Uma das linhas de pesquisa do GPEF (Grupo de Pesquisa em Ensino de Física) do IF-UFF contempla a questão da Introdução de Física Moderna e Contemporânea no 2º grau (IFMC). Inicialmente, as frentes de investigação visaram de um lado diagnosticar as iniciativas já em curso (QUEIROZ e SANTOS, 1994), e por outro efetivar a implementação de proposta de IFMC via formação do professor (SANTOS e COSTA, 1995).

Atualmente, a segunda frente tem evoluído mais substancialmente, pela evidência que tem se apresentado da vital relevância do comprometimento do professor em todas as iniciativas de melhoria do ensino.

As justificativas de que a IFMC venha a proporcionar um ensino de Física atual e dinâmico são muitas (TERRAZZAN, 1994; GIL e SOLBES, 1993), desde a proximidade do século XXI, ressaltando a defasagem entre questões trabalhadas na pesquisa em Física e os conteúdos desta disciplina ministrados em sala de aula, até à necessidade de adequação do cidadão ao mundo “tecnologizado” em que vive.

A problemática de como desenvolver a IFMC, num contexto em que nem o programa oficial do RJ inclui tal assunto, constitui-se no principal desafio a ser enfrentado tanto por pesquisadores quanto por professores de 2º e 3º graus.

Assim, desde 1994 vêm sendo introduzidos temas de FMC nas disciplinas de Instrumentação para o Ensino e Evolução dos Conceitos, tanto do Curso de Licenciatura em Física quanto do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Ensino de Ciências (modalidade Física) da UFF. Além disso, através do projeto *Abordagens de FMC para o 2º grau: Por que? Como?*, financiado pela CAPES/FAPERJ, foi intensificado o processo de sensibilização de professores de Física em exercício na área do Grande Rio para a citada problemática, principalmente durante a realização de um Workshop, com duração de cinco dias, durante os quais foram ministradas 8 palestras sobre temas específicos e pressupostos para a IFMC. Nesta oportunidade foram coletados os dados que permitiram a elaboração deste trabalho, bem como traçadas novas frentes de investigação e atuação neste campo tão promissor que é o de

39 trabalho financiado pela CAPES/FAPERJ.

transformar em estratégias bem sucedidas de ensino os resultados de pesquisas sobre as mesmas.

2) Metodologia

A identificação dos obstáculos e possibilidades para a IFMC no 2º grau foi feita a partir das respostas dadas pelos participantes do I Workshop Abordagens de FMC no 2º grau: Por que? Como? a um questionário, distribuído no primeiro e recolhido no último dia do evento.

2.1) Instrumento de pesquisa

Foi utilizado um questionário constituído por perguntas abertas e fechadas, distribuídas em quatro partes, com o objetivo de coletar junto ao participante dados sobre: as características gerais de sua formação e atuação profissional; diagnosticar a relevância dada à FMC, ao longo de sua graduação; a situação do ensino de Física nas escolas de sua atuação; finalmente, obstáculos e possibilidades para a IFMC.

2.2) Características da amostra

Dentre os 43 participantes, 34 devolveram o questionário devidamente preenchido.

Amostra era constituída por professores (74%) e licenciandos (26%).

O perfil da amostra quanto a vários aspectos de formação e atuação profissional pode ser traçado a partir dos gráficos a seguir.

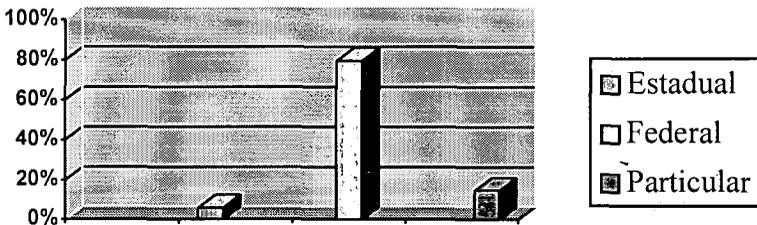


Gráfico 1: Tipo de IES de graduação

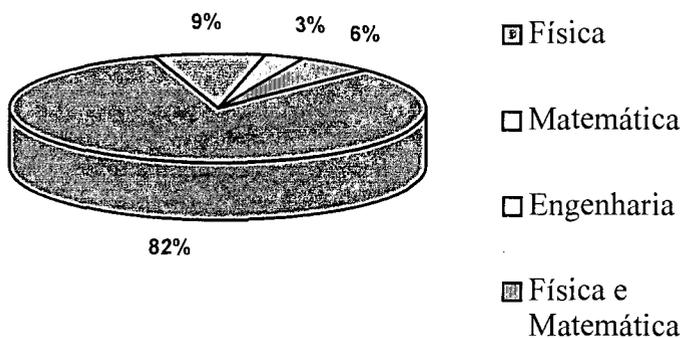


Gráfico 2: Curso de Graduação

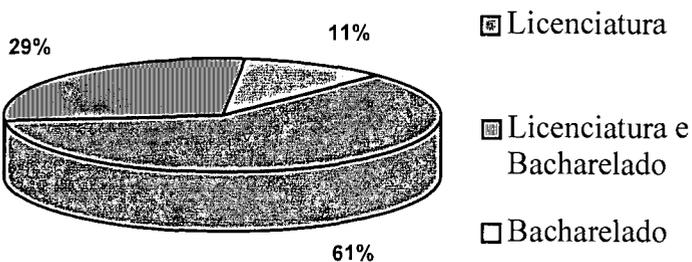


Gráfico 3: Diferentes titulações no curso de Física

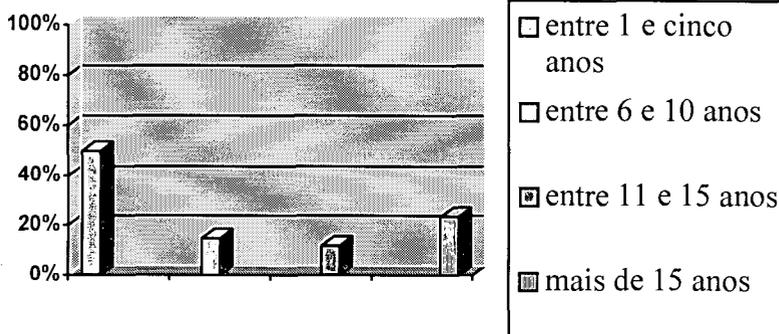


Gráfico 4: Tempo de atuação no magistério

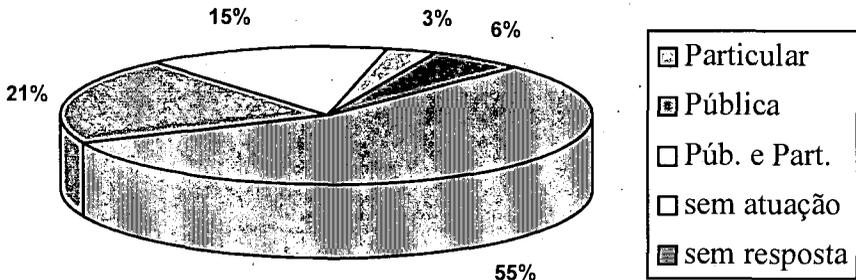


Gráfico 5: Tipo de escola de atividade docente

3) Análise das Respostas

- O que você entende por FMC?

CATEGORIA	%
Marco em conteúdos	23,6
Marco temporal	47,0
Marco temporal com cientistas e fenômenos	8,8
Limite clássico como marco	17,7
Sem resposta	2,9

- Como você considera a possibilidade da IFMC?

RESPOSTA	%
Muito difícil, mas possível com alteração do programa	41,2
Viável, com alteração do programa	23,2
Muito difícil por algum motivo (carga horária, escola impede, programa do vestibular)	17,6
Possível por outra razão: textos, alteração do currículo, reciclagem do professor	8,8

- Quais os benefícios da IFMC para o processo ensino-aprendizagem?

RESPOSTAS
Permitir uma visão mais abrangente da Física e das limitações de teorias que explicam certos fenômenos físicos.
Ajudar a satisfazer curiosidades dos alunos.
Motivar o aluno para estudar Física.
Enfatizar conceitos e não formulações matemáticas.

- Que tópicos de FMC seus alunos já tiveram curiosidade de conhecer?

RESPOSTAS
Laser, Buraco negro, Big Bang, Fusão Nuclear, Supercondutores, Plasmas e Relatividade Especial.

- Ao elaborar um planejamento de Física para 2º grau, como incluiria tópicos de FMC?

RESPOSTA	%
Tópicos avulsos no programa, ao longo das 3 séries	44,1
Reduzir programa, incluir tópicos ao longo das 3 séries	41,2
Introduzir no programa um item final na 3ª série	5,9
Reduzir programa, incluir item final na 3ª série	2,9
Sem resposta	5,9

- Que tópicos você incluiria no planejamento?
Relatividade, Laser, Plasma, Mecânica Quântica e Big Bang.
Obs.: 23% não responderam.

- Para efetivar a IFMC, de que você sentiria necessidade?

RESPOSTA	%
Revisar por conta própria, com auxílio de outros recursos (cursos e/ou material didático)	50
Interagir com a Universidade	47
Preparar-se sozinho	3

4) Considerações finais

Numa visão panorâmica das respostas dadas do questionário, constatou-se que os obstáculos mais evidentes para a IFMC são: inexistência de enfoque para 2º grau em disciplinas da graduação referentes à IFMC; a estrutura rígida do programa de Física no 2º grau; a ingerência dos programas dos vestibulares no conteúdo programático.

Para atender ao interesse dos professores de 2º grau, manifestado tanto no questionário quanto na avaliação do I Workshop, foram propostas novas ações conjuntas que propiciem o aprofundamento de conteúdo específico, traduzido em linguagem conveniente, bem como o contato com material didático produzido e testado coletivamente por professores dos 2º e 3º graus.

As atividades planejadas pelo GPEF até o momento são:

- I Workshop, realizado em julho/96;
- Aperfeiçoamento de 8 professores de 2º grau de agosto a dezembro/96;
- Edição de 8 fitas VHS com exposição de temas de FMC, em dezembro/96;
- Impressão do I Caderno, em dezembro/96;
- I Curso de Atualização "A Física Contemporânea no Cotidiano", em janeiro/97;
- Aperfeiçoamento de 9 professores de 2º grau, a ser realizado de março a julho/97;

- II Workshop, em julho/97.

Bibliografia

- GIL, D. e SOLBES, J. (1993) The introduction of Modern Physics: overcoming a deformed vision of Science, *International Journal of Science Education*, 15(3).
- QUEIROZ, G.R.P.C. e SANTOS, M.S. (1994) Teaching Modern and Contemporary Physics for the 21st century, *International Conference Science and Mathematical Education*, Concepcion, Chile.
- SANTOS, M.S. e COSTA, I. (1995) How to Introduce Modern Physics Topics in High School Curriculum?: A proposal, in: *Thinking Physics for Teaching*, Carlo Bernardini et al. (Ed.), Plenum Press: New York.
- TERRAZZAN, E. A. (1994) Perspectivas para Física Moderna na escola de 2º grau, *IV Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física*, Florianópolis, SC.

CURSO DE FORMAÇÃO EM SERVIÇO DE PROFESSORES DO 1º GRAU EM ASTRONOMIA

Sérgio M. Bisch¹ (smbisch@if.usp.br)
Yassuko Hosoume² (yhosoume@if.usp.br)
Cristina Leite³ (crisleite@if.usp.br)
1- FEUSP/UFES
2- IFUSP
3- IFUSP

Introdução

O ensino de temas de Astronomia, ou a ela diretamente relacionados, tais como orientação, o planeta Terra, fases da Lua, estações do ano, o sistema solar, o universo, etc., é tradicional no 1º Grau, fazendo parte dos currículos oficiais. Entretanto, ele enfrenta o seríssimo problema da lacuna de formação do professor de 1º Grau com relação a estes temas, como tem sido constatado, por exemplo, nos encontros sobre ensino de Astronomia promovidos nos últimos SNEFs (Livi, 1991, 1993a). Como forma de atacar o problema, alguns professores universitários e astrônomos profissionais, com preocupações com o ensino básico, tem promovido oficinas e cursos de atualização em Astronomia para professores do ensino fundamental e médio (Canalle, 1995, Lattari e Trevisan, 1993, Livi, 1993b, Trevisan, 1995). Um dos autores deste trabalho também tem estado pessoalmente envolvido em cursos deste tipo há vários anos (Bisch, 1993).

Uma das características mais importantes destes cursos é a oportunidade de interação direta com os professores destes níveis de ensino, que permite o conhecimento da realidade por eles vivida, de suas dificuldades de aprendizagem e de ensino, suas preocupações e expectativas. Conhecimento indispensável ao aperfeiçoamento dos próprios cursos de formação em serviço e para a elaboração de propostas mais consistentes de ensino de Astronomia para o 1º Grau. Neste sentido, visando tanto combater a lacuna de formação dos professores com relação à Astronomia como investigar as principais dificuldades com que eles enfrentadas em seu ensino e aprendizagem, realizamos, no Instituto de Física da USP, mais um curso de extensão universitária para professores do ensino fundamental, descrito a seguir.

O Curso

O objetivo geral do curso foi o de promover uma atualização dos professores em conteúdo e metodologia de ensino de Astronomia. Ele foi desenvolvido através de aulas semanais, com 3 horas de duração, a noite. Sua etapa principal ocorreu no final de 1995, tendo sido efetivada uma prorrogação no início de 1996. As professoras que participaram do curso,

em sua grande maioria, lecionavam nas séries iniciais do 1º Grau. Durante 1995, ele contou com a participação de um grupo de cerca de 20 professoras. Na sua prorrogação, em 1996, apenas 6 professoras o frequentaram assiduamente.

Uma modificação importante, feita neste curso, em relação aos conteúdos e metodologias tradicionalmente abordados, foi a ênfase na inclusão de atividades de observação direta do céu a olho nu. Consideramos que um dos objetivos prioritários deveria ser o de ensinar as professoras a olhar para o céu, a explorar o imenso laboratório natural para o ensino de Astronomia que ele representa. Pretendíamos, assim, promover uma sensibilização com relação à importância do contato direto com a natureza, de sua tomada como ponto de referência essencial para a construção de conhecimentos.

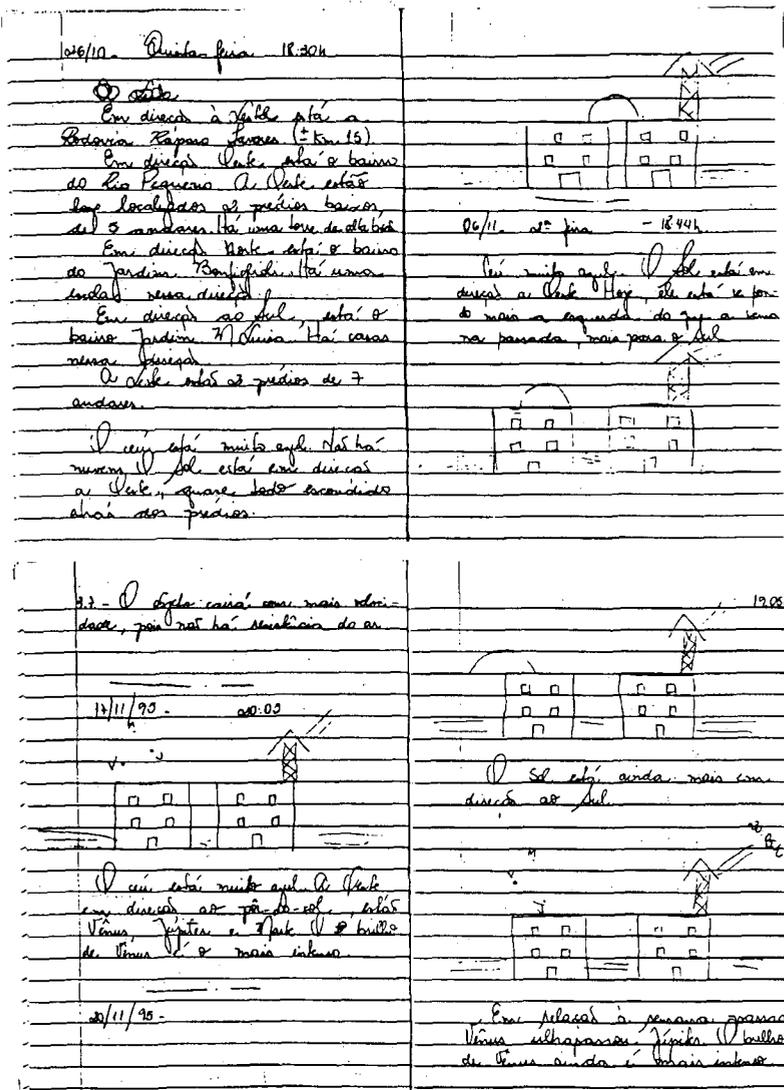
As atividades do curso dividiram-se, assim, em duas partes concomitantes:

1ª) Atividades práticas e observações do céu a olho nu, em sua maior parte feitas em casa, de acordo com roteiros distribuídos semanalmente. As observações deviam ser realizadas em três momentos: durante o dia, para o acompanhamento do movimento diurno do Sol, identificação do meridiano local, dos pontos cardeais e observação da Lua, sua posição e fases; durante o crepúsculo, para registrar as posições de nascimento e ocaso do Sol e identificar e registrar a posição dos astros mais brilhantes; durante a noite, para o reconhecimento de constelações, planetas, estrelas mais brilhantes, movimento da esfera celeste e observação das variações de posição da Lua e as suas fases.

2ª) Atividades desenvolvidas em aulas semanais, divididas nos módulos: 1. Forma, tamanho e idade da Terra; 2. Referências e orientação; 3. Meridianos e paralelos; 4. Dias e noites; 5. A gravidade; 6. A órbita da Terra; 7. As estações do ano; 8. A Lua; 9. O sistema solar.

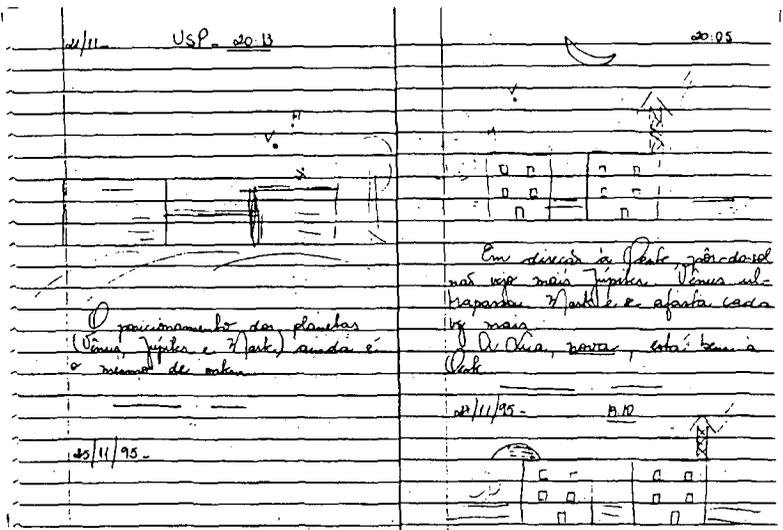
Os resultados das observações do céu eram registrados pelas professoras em seus cadernos (veja figuras 1 e 2) e discutidos no início de cada aula. Os módulos, por sua vez, eram acompanhados por um roteiro de atividades, geralmente desenvolvidas usando-se modelos tridimensionais, feitos com material de baixo custo (bolas de isopor, lâmpadas, fios, alfinetes, etc.), um texto de apoio e um mesmo questionário que deveria ser respondido em três etapas: primeiro individualmente, antes do início das atividades, depois em grupo, após a realização das atividades, e mais uma vez individualmente, no próprio caderno, após a discussão de fechamento do módulo, envolvendo toda a turma. Além disso, com o intuito de auxiliar no levantamento das concepções das professoras com relação ao céu, ao universo e ao ensino da Astronomia, no início do curso foi respondido um questionário e, tanto no início como durante o curso, foram solicitados desenhos livres do céu e do universo, acompanhados de descrições.

FIGURA 1



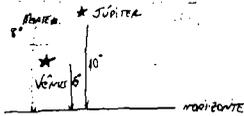
Anotações de observações do céu feitas por uma professora em seu caderno. Elas referem-se a orientação e indicam a variação da posição do ocaso do Sol no horizonte e das posições relativas de alguns planetas com o passar dos dias.

FIGURA 2



14/11 Observação do céu: 20:25 horas

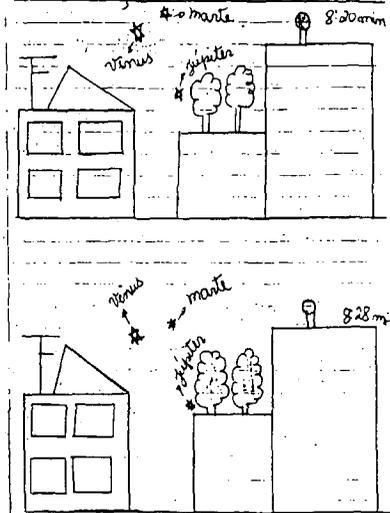
A oeste podemos localizar
3 estrelas errantes (planetas):
Júpiter, Vênus e Marte.



A estrela Dálva (Vênus) desaparece
às 20:37 h. As 8:50 as outras
quase desapareceram (isso ocorreu
às 8:58 h).

Conseguimos localizar Saturno,
Pegasso, Câncoras, Escorpião.

Observação do céu 21/11/195



Mais anotações de observações do céu feitas por professoras em seus cadernos. Elas registram observações de planetas, suas variações de posição em relação ao horizonte, no mesmo dia, e entre si, com o passar dos dias.

Resultados e Conclusões

A ênfase na observação do céu produziu uma mudança na atenção e postura das professoras em relação a características e fenômenos astronômicos visíveis a olho nu, produzindo um grande interesse pela identificação e reconhecimento de estrelas, constelações, planetas, pelo acompanhamento de eclipses e das variações de posição da Lua e do Sol. Um ponto em especial chamou a atenção: o grande interesse, receptividade e fácil assimilação, pelas professoras, da realização de medidas angulares utilizando o próprio corpo (há regras práticas, comuns em Astronomia amadora, para estimativas de ângulos usando os dedos, o punho e a mão espalmada). Isto permitia que elas fizessem estimativas quantitativas da posição dos astros em relação ao horizonte, ou entre si, em seus registros de observações, aumentando sua precisão. O relato dos resultados das observações (atividades sugeridas para casa) feito no início de cada aula pelas professoras, foi sempre um dos momentos mais ricos do curso para expressão, detecção e discussão de suas dificuldades e concepções com relação à Astronomia.

A metodologia utilizada durante o desenvolvimento dos módulos, em três etapas, articulando momentos de atividades individuais e coletivas, parece ter sido eficiente na promoção de um envolvimento pessoal das professoras na busca de resposta às questões propostas e no fomento à discussão e questionamento de suas concepções e pontos de vista. Frequentemente as discussões eram acaloradas e extensas.

O caderno individual para registro das observações e das respostas finais às questões propostas em cada módulo revelou-se um instrumento importante, tanto para a aprendizagem da professora, que trabalhava sua capacidade de expressão escrita, de representação gráfica e de produção de uma síntese pessoal das respostas dadas às questões de cada módulo, como para os coordenadores do curso, que puderam acompanhar, através dele, as dificuldades e progressos de aprendizagem das professoras.

Devido à grande participação e envolvimento das professoras, tanto nas atividades dos módulos como na discussão das observações, houve necessidade de prorrogar o tempo inicialmente previsto de duração do curso. A carga horária inicial, de 30 horas de aula, mostrou-se claramente insuficiente. Concluímos que o ideal, para o cumprimento do programa e metodologia propostos, deveria ser um curso com cerca do dobro da carga horária.

Quanto às dificuldades enfrentadas pelas professoras, percebemos que o seu conhecimento acerca do céu e do universo achava-se extremamente atrelado à aceitação acrítica das “verdades” veiculadas pelos livros didáticos, sendo muito comum a repetição de certos chavões como: “o Sol é uma estrela de quinta grandeza”, “a Terra é achatada nos pólos”, “a primavera é a estação das flores”, “os astros dividem-se em luminosos e iluminados”, etc., cujo significado era muito mal

compreendido, mas que eram prontamente repetidos por elas, num sinal evidente do arraigamento de uma concepção "bancária" de educação (Freire, 1980). Tratava-se de um "conhecimento" totalmente livresco, sem reflexão e desvinculado de qualquer comparação com a realidade.

Notamos também que um dos grandes nós do ensino e da aprendizagem da Astronomia acha-se ligado à dissociação entre o céu – belo e familiar para as professoras – e o universo como é descrito nos livros didáticos – abstrato e distante –, tratados como se fossem dois mundos diferenciados e desconectados.

Outro ponto crucial que observamos foi o da dificuldade no trato com questões espaciais: nem sempre as concepções das professoras consideravam todas as dimensões espaciais, algumas vezes suas representações dos fenômenos era de natureza bidimensional ou, até mesmo, unidimensional. Outro grande problema era o da articulação entre os pontos de vista de quem contempla o céu da superfície da Terra e o de quem observa os astros, como a Terra, a Lua e o Sol, do espaço, como é comum no trabalho com os modelos tridimensionais comumente usados no ensino de Astronomia, para explicar, por exemplo, as fases da Lua, eclipses e as estações do ano. Durante o curso, procuramos enfatizar atividades que demonstrassem esta articulação, tais como a discussão e interpretação das observações do céu, realizadas pelas próprias professoras, e o trabalho de questões que podiam ser esclarecidas com o uso de modelos tridimensionais e que envolviam o uso simultâneo de ambos os referenciais (como, p. ex., no esclarecimento do horário em que as diversas fases da Lua podem ser vistas no céu).

Compreendemos, no decorrer do curso, que a grande questão a ser trabalhada – e que passou a orientar nossa intervenção – era a de promover uma mudança na relação que as professoras estabeleciam com a natureza/universo (Bisch et al., 1996), buscando preenchê-la com maior riqueza de referências ao mundo familiar e concreto em que vivem, ao céu observado, procurando ampliar sua visão e habilidades no trato com as dimensões espaciais, estimulando o uso dos próprios sentidos como base para a construção de conhecimentos, favorecendo a apreciação estética do céu: ponto chave para o despertar do interesse e curiosidade acerca dos mistérios do universo e de estímulo ao uso da imaginação e inteligência na sua compreensão. Em suma: percebemos que nosso objetivo deveria ser o de modificar a relação com o mundo estabelecida pelas professoras, ampliando-a e enriquecendo-a através dos diversos canais abertos pela Astronomia.

Com base nos depoimentos, falados e escritos, e nas atitudes esboçadas ao longo do curso, percebemos que este tipo de mudança foi, ao menos parcialmente, atingida, principalmente pelo pequeno grupo que frequentou o curso até o seu final.

Referências

- BISCH, Sérgio M., 1993. Implantação de um Laboratório de Ensino de Astronomia junto ao Observatório Astronômico do Departamento de Física e Química da UFES. **Atas do X SNEF**, p.575-578.
- BISCH, Sérgio M., 1996. O Professor de 1ª Grau e sua Relação com o Universo. **Caderno de Resumos do V EPEF**, p.10.
- CANALLE, João Batista G., 1995. Oficinas de Astronomia. **Atas do XI SNEF**, p.95.
- FREIRE, Paulo, 1980. **Pedagogia do Oprimido**, 8ª ed., Ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro.
- LATTARI, Cleiton J.B., TREVISAN, Rute H., 1993. Curso Básico de Astronomia para Professores de Ciências segundo a Nova Proposta Curricular do Estado do Paraná no Programa de 5ª e 6ª Séries. **Atas do X SNEF**, p. 487-493
- LIVI, Sílvia H.B., 1991. Ensino de Astronomia no 1º e 2º Grau. **Atas do IX SNEF**, p. 134-137
- LIVI, Sílvia H.B., 1993a. Ensino de Astronomia no 1º e 2º Graus. **Atas do X SNEF**, p. 96-98.
- LIVI, Sílvia H.B., 1993b. Propriedades Físicas de Estrelas e Planetas. **Atas do X SNEF**, p.131.
- TREVISAN, Rute, 1995. Metodologia do Ensino do Sistema Solar – Astronomia para o 1º e 2º Graus. **Atas do XI SNEF**, p.93

A EVOLUÇÃO DAS IDÉIAS SOBRE A ESTRUTURA DA MATÉRIA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O ENSINO DA FÍSICA⁴⁰

Eduardo Adolfo Terrazzan⁴¹,
Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria
Silvete Coradi Guerini⁴²,
Bolsista de Aperfeiçoamento
Sandro Rogério Vargas Ustra⁴³
Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Educação, UFSM

Introdução

A história da ciência é de fundamental importância para o ensino de física, pois, conhecer o passado das idéias e buscar compreender o progresso delas pode ajudar a entender a ciência de hoje. Não devemos encarar a ciência como um produto acabado, pois isso confere uma falsa simplicidade que irá se revelar como uma barreira às mais na construção do conhecimento.

Uma das características do ensino de física é que a aprendizagem se dá de maneira sequenciada e linear, alicerçada num formalismo matemático e memorizativo. Nesse sentido, a abordagem histórica proporciona ao aluno material útil a aprendizagem de novas e velhas idéias. Também a história da física pode tornar o conteúdo mais interessante para o aluno, já que o coloca mais perto da aquisição do conhecimento.

Quando o aluno discute de onde vieram certas idéias, como evoluíram para chegar onde estão ou mesmo questiona os caminhos que geraram tal evolução, de certa forma ele nos mostra que está construindo seu conhecimento e não meramente absorvendo informações. Também o aluno ao conhecer um pouco mais sobre o conteúdo que está estudando, caminha com mais naturalidade e é capaz de buscar explicações num nível mais profundo, não se contentando com meras definições. Desta forma, a informação histórica passa a ser a geradora de mecanismos desinibidores que ajuda o aluno a encaminhar o seu raciocínio a uma maneira mais próxima de seu pensar.

Existem tarefas urgentes que precisam ser enfrentadas para que o ensino da física possa ser melhorado. Dentre elas está a recuperação, juntos aos professores, da noção de que a física é um processo onde os confronto de idéias está sempre presente. Este é um dos motivos pelos quais o estudo da história da física se faz necessário.

⁴⁰Trabalho apresentado no XIISNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado em Belo Horizonte, MG, Brasil, Janeiro de 1997

⁴¹Auxílio parcial CNPq

⁴²Auxílio FAPERGS

⁴³Auxílio parcial CAPES

Na formação do professor de ciência, a história está quase sempre ausente, mas é de fundamental importância conhecer o passado das idéias e buscar compreender o progresso delas pode ajudar a entender a ciência como um recorte da realidade que se relaciona com outras atividades humanas.

Neste trabalho procuramos contribuir para resgatar a importância da história da física para o seu ensino. Escolhemos a temática Estrutura da Matéria, pois apesar de conteúdos relacionados a Física Moderna não costumarem ser abordados no ensino médio hoje, paradoxalmente entendimento do mundo criado pelo homem atual, como aparelhos e artefatos somente podem ser compreendidos a partir de tópicos relacionados a este campo.

A maneira que encontramos para levar a história da física na sala de aula foi através de um texto didático-pedagógico. Este texto foi produzido por nós e posteriormente foi discutido e analisado juntamente com um grupo de professores de ensino médio. A perspectiva é de que ele seja utilizado como um recurso didático nas aulas de física.

Elaboração do material didático-pedagógico

Para a elaboração do texto, realizamos inicialmente um levantamento bibliográfico nas revistas de divulgação científica, livros didáticos e em pequenos ensaios disponíveis, sobre a temática Estrutura da Matéria. Este levantamento foi realizado levando em conta cinco períodos históricos: antigüidade clássica, idade média, idade moderna até início do século XIX, fins do século XIX início do século XX e atualidade. Nesta etapa nos encontramos diversas dificuldades, pois há carência de material bibliográfico disponível que trate especificamente da história da ciência. O que encontramos foram pequenos textos que dentre ele fazia comentários históricos. Assim selecionamos os materiais bibliográficos que consideramos mais significativos e passamos a elaborar o texto didático propriamente dito, sobre a temática em questão. Além do levante histórico utilizamos para melhor compreensão de cada período a elaboração de Mapas Conceituais. A seguir, apresentaremos um resumo dos cinco períodos históricos selecionados acompanhado do mapa conceitual correspondente.

Antigüidade Clássica

Neste período destacaram-se os gregos, bem como os chineses e os hindus.

Na tentativa de encontrar os elementos fundamentais do universo podemos destacar primeiramente os filósofos gregos:

- *Tales de Mileto*: este filósofo afirmava que a água era o elemento primordial do universo, pois sobre ela a Terra flutua, e é o começo de todas as coisas.

- *Anaximandro*: para este filósofo a substância era mais indefinida, pois considerava o infinito (vácuo) tal substância primordial.
- *Anaxímens*: achava que o ar era a substância primordial do universo, pois este se reduziria a água por simples compressão.
- *Xenófanes*: este filósofo era a terra tal elemento fundamental.
- *Heráclito*: acreditava ser o fogo o elemento essencial; pois a chama simbolizava o movimento universal.
- *Anaxágoras*: acreditava ser o universo decorrente de uma razão abstrata sobre as “sementes”, que seriam, as matérias primas constituintes de todas as espécies imagináveis. Segundo ele existiriam “sementes” dentro de “sementes” que conteriam “sementes” e assim sucessivamente.
- *Leucipo e Demócrito*: segundo eles todas as coisas do universo são formadas por um único tipo de partículas - o átomo - eterno e impenetrável que se movimenta no vazio.
- *Empédocles*: afirmava que os elementos primordiais eram quatro: água, ar, terra e fogo, que se combinavam de várias maneiras para formar as substâncias.
- *Aristóteles*: seus elementos primordiais eram: o frio, o quente, o úmido e o seco, que agrupados dois a dois reproduziriam os elementos fundamentais de Empédocles.

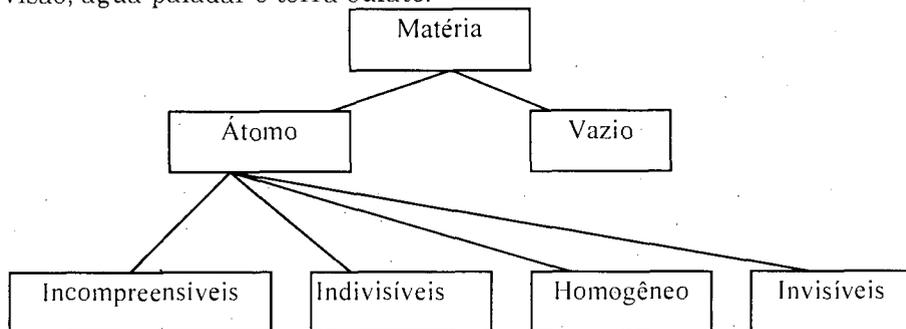
As principais idéias dos gregos podem ser resumida nos seguintes postulados:

- 1- Todas as coisas são compostas pôr átomos sólidos.
- 2- Espaço vazio existe entre os átomos.
- 3- Os átomos são eternos.
- 4- Os átomos, pôr serem demasiados pequenos, não são visíveis.
- 5- Os átomos são indivisíveis.
- 6- Os átomos são homogêneos.
- 7- Os átomos são incompreensíveis.
- 8- Os átomos diferem uns dos outros pôr sua forma, tamanho e distribuição geométrica.
- 9- As propriedades da matéria variam segundo o tipo de agrupamento de átomos.
- 10- O movimento é eterno e deve ser causado pôr outro que o precede.

Da mesma maneira que os gregos, os chineses também procuravam encontrar o princípio básico que pudessem explicar o universo. A concepção que prevalecia na China, dizia serem cinco os elementos fundamentais, que eram: água, metal, madeira, fogo e terra. Esses não eram consideradas meras substâncias, já que eram governados pelo dualismo básico dos princípios cósmicos.

Já os hindus acreditavam que os elementos primordiais do universo eram manifestações da alma, devido ao caráter religioso deste

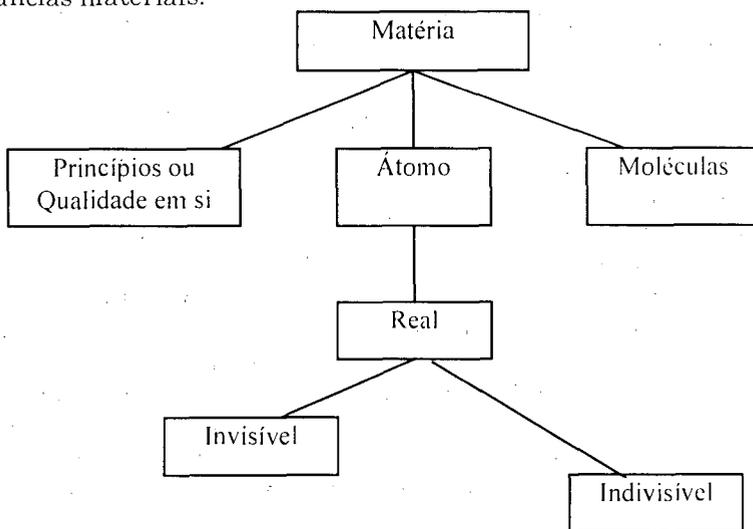
povo. Assim para eles havia cinco elementos: éter-audição, ar-tato, fogo-visão, água-paladar e terra-oufato.



Idade Média

Na idade média, podemos destacar Paracelso que procurava justificar os elementos de Empédocles. Para tanto divulgou as idéias dos árabes no ocidente, nas quais os elementos primordiais deveriam encontrar-se em princípios ou qualidades das substâncias e não nas substâncias em si.

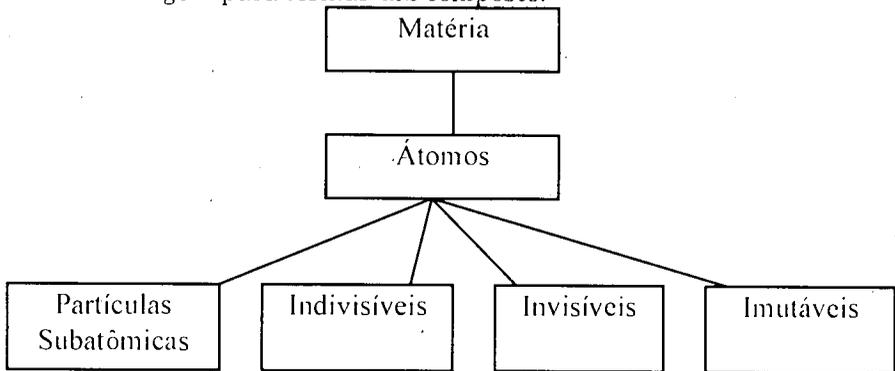
Pierre Gassendi, defendia a idéia de que do átomo como uma parte real, porem invisível e indivisível da matéria, pois, pela primeira vez consegue fazer a distinção entre átomos e moléculas, uma vez que para ele em cada corpo os átomos se reúnem em pequenos grupos, aos quais chamou de moléculas. Robert Boyle apoiou essa teoria para explicar as substancias materiais.



Século XIX

As principais idéias deste período podem ser adequadamente descritas através da teoria de Dalton, assim:

- Os átomos são partículas individuais da matéria que não pode subdividir-se por nenhum processo conhecido.
- Os átomos são tão indestrutíveis que resistem a aplicação de qualquer tipo de força.
- Os átomos que compõem uma substância elementar são similares entre sua massa, tamanho e em qualquer outra qualidade.
- Os átomos de um elemento simples, por exemplo, o hidrogênio, o oxigênio e carbono, diferem em sua massa e outras propriedades de outra substância elementar.
- A combinação química se efetua quando diferentes tipos de átomos elementares se unem em proporções numéricas simples para formar um composto.
- As massas relativas dos átomos que formam um composto estão representadas por suas massas relativas de seus elementos que reagem para formar um composto.



Início do Século XX

Neste período destacam-se os modelos atômicos de Thomson, de Rutherford e de Bohr.

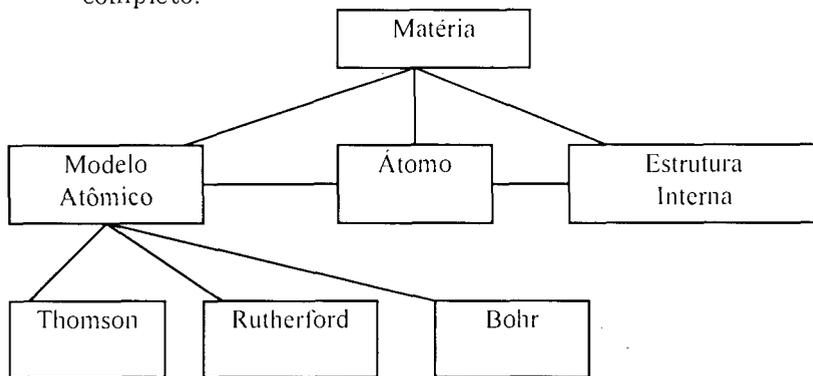
Modelo Atômico de Thomson: segundo este modelo, o átomo era uma esfera carregada positivamente. Devido a repulsão mútua, os elétrons estariam uniformemente distribuídos na esfera de carga positiva. Esse modelo falhava, pois não conseguia explicar a emissão de luz nas frequências discretas e específica das linhas espectrais.

Modelo atômico de Rutherford: esse modelo seria como um sistema planetário em miniatura tendo um campo de força central carregado positivamente - o núcleo. Os elétrons giravam em torno desse núcleo em orbitas circulares, como primeira aproximação. O núcleo atômico concentraria praticamente toda a massa do átomo ficando os elétrons orbitando em raios da ordem de dez mil vezes o raio nuclear. Esse modelo não podia ser explicado pela teoria eletrodinâmica clássica.

Modelo Atômico de Bohr: esse modelo seria capaz de resolver o problema da estabilidade resultante do modelo planetário e, também explicar o espectro atômico.

As principais previsões desse modelo são:

- O estado normal do átomo será o estado no qual o elétron tem menor energia, que é chamado de estado fundamental.
- Em uma descarga elétrica, numa colisão atômica ou outro processo de perturbação, o átomo recebe energia, sofrendo uma transição para um estado de maior energia, ou chamado estado excitado.
- Obedecendo à tendência natural de todos os sistemas físicos, o átomo vai emitir o excesso de energia e voltar ao estado fundamental. Isto ocorre pôr meio de uma série de transições nas quais o elétron cai para estados excitados de energias sucessivamente mais baixas, até atingir o estado fundamental.
- Em um grande número de processos de excitação e desexcitação que acontecem durante uma medida de um espectro atômico, todas as possíveis transições ocorrem e é emitido o espectro completo.



Atualidade

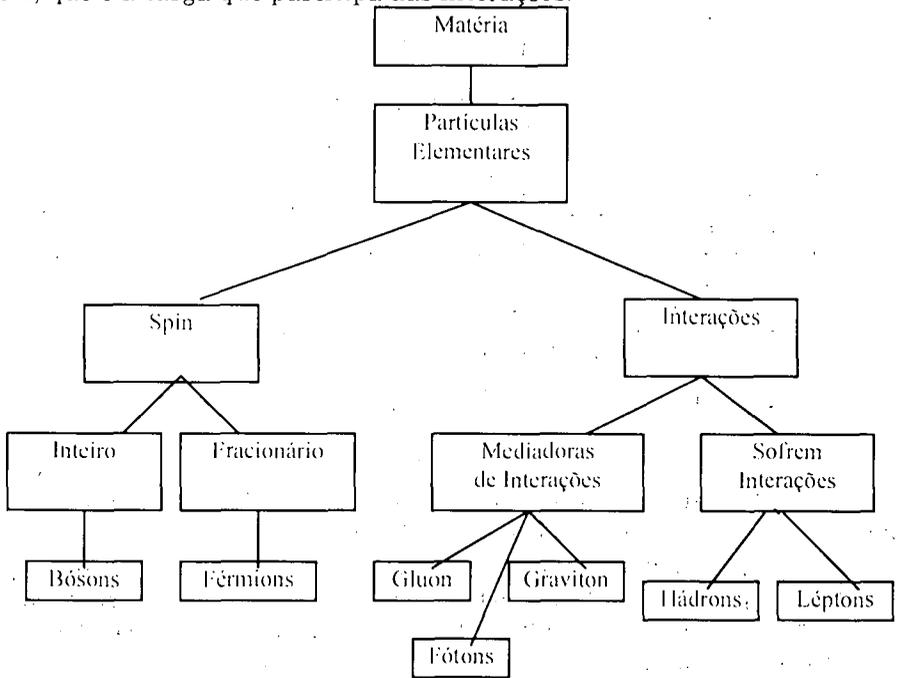
Nos dias atuais é difícil classificar as partículas elementar, tendo em vista a sua diversidade. mesmo assim, verificamos que as partículas podem ser agrupadas segundo dois critérios: o do spin e o da interação. Quanto ao spin, as partículas podem ser bósons ou férmions. Os bósons tem spin inteiro, por outro lado, os férmions tem spin fracionário. Quanto a interação, as partículas classificam-se em: mediadoras de interação e as que sofrem interação. As primeiras são constituídas de gluons, fóton, bósons intermediários e gráviton. As do segundo grupo, ou seja, as que sofrem interações são classificadas em: hádrons e léptons. Os léptons tem spin fracionário, os hádrons podem ter fracionário, e nesse caso são chamadas de bárions, ou podem ter spin inteiro, sendo assim denominadas mésons. Apesar de haver especulações sobre uma possível

estrutura dos léptons, apenas os hádrons possuem estrutura, já que eles são formados de quarks, que são partículas massivas, carregadas.

Os quarks são partículas que possuem carga elétrica fracionária e spin semi-inteiro, sendo portanto férmions. São vistos na natureza compondo os hádrons (partícula forte). Nunca se observou um quark isoladamente, sabe-se de sua existência através de experimentos. A impossibilidade de separar os quarks é devida a uma característica da interação forte conhecida como confinamento, à medida que tentamos separar os quarks a interação entre elas torna-se mais forte.

Os hádrons são compostos por quarks e dividem-se em dois grupos: os bárions e os mésons. Os bárions são compostos por três quarks ou anti-quarks, que neste caso formam os anti-bárion. Os quarks tem carga fracionária, mas juntos formam uma partícula de carga inteira, continuando com spin semi-inteiro. Os mésons são formados por um par quark/anti-quark, tem carga inteira e spin inteiro, portanto são bósons.

Além da carga elétrica, que participa das interações eletromagnéticas, os quarks possuem um outro tipo de carga denominada cor, que é a carga que participa das interações.



Mapas Conceituais

Mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos. Podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte dela.

Esses diagramas podem ter uma, duas ou mais dimensões. Os mapas unidimensionais são apenas listas que tendem a apresentar uma organização linear vertical. Esses tipos de mapa nos dão apenas uma visão grosseira da estrutura conceitual de uma disciplina ou subdisciplina. Os mapas bidimensionais além da organização vertical também tiram proveito da organização horizontal, permitindo assim, uma representação mais completa das relações entre conceitos de uma disciplina. Mapas com mais dimensões permitem uma melhor representação dessas relações e possibilitam a inclusão de outros fatores. Entretanto, mapas com mais de três dimensões seriam abstrações matemáticas, de limitada utilidade para fins instrucionais, ao invés de representação concreta de estruturas conceituais. Desta maneira, os mapas bidimensionais são os mais adequados para representar as relações entre os conceitos.

Os mapas conceituais podem ser traçados para toda uma disciplina, para uma subdisciplina ou para tópicos específicos. Há varias maneiras de se traçar um mapa conceitual. Além disso, pessoas de uma mesma área de conhecimento, terão diferenças de compreensão e interpretação das relações entre conceitos-chaves dessa área. Um fato importante é que um mapa conceitual deve ser visto sempre como “um mapa conceitual” e não como “o mapa conceitual” de um determinado conjunto de conceitos. Isto é, qualquer mapa conceitual deve ser visto apenas como uma das possíveis representações de uma estrutura conceitual.

Os mapas conceituais, podem ser usados como instrumento de ensino ou de aprendizagem, também podem ser utilizados como auxiliares na análise ou planejamento do currículo (Stewart, 1979), bem como um instrumento de avaliação.

Desenvolvimento do Trabalho com os Professores

A análise do texto, bem como sua avaliação foi realizada por professores de física do ensino médio na região de Santa Maria/RS. Para tanto utilizamos o espaço na Oficina Pedagógica “Estrutura da Matéria através da História” realizada num período de três horas. Para esta avaliação os professores receberam alguns textos selecionados, utilizando-os como material de apoio para responder a questões acerca da evolução histórica da Estrutura da Matéria. Após essa atividade, foram apresentados e discutidos os mapas conceituais que construímos. Dando seqüência ao trabalho, os professores analisaram o texto didático que elaboramos, fazendo algumas observações e sugestões.

Um dos questionamentos feito pelos professores foi relacionado com o momento, no ensino médio, em que o texto seria trabalhado. Sendo eles os alunos estariam “familiarizados com os tópicos habitualmente tratados”.

Este texto será utilizado como recurso didático em sala de aula com alunos do nível médio, a partir de uma discussão conjunta com os professores participantes.

Bibliografia

- BASSALO, J.M.F.; (1992). Crônicas da Física .. 4 vol. Belém/BRA: Editora Universitária UFPA.
- BOURGUIGNOM, A.; (1990). História Natural do Homen. Rio de Janeiro/BRA: Jorge Zahar Editores.
- GAMOW, G.; (1963). Biografia da Física. Rio de Janeiro/BRA: Zahar Editores.
- GUAJDIER, P.; (1983). História da Física. Lisboa/POR: Edições 70.
- HOLTON, G.; ROLLER, D.D.H.; (1972). Fundamentos de La Física Moderna. Barcelona: Editora Reveste.
- MOREIRA, M. A.; (1986). *Mapas Conceituais*. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/BRA, 3(1), 17-25.
- PROJECTO FÍSICA; (1987). **Partículas elementares**. Lisboa/POR: Fundação Calouste Gulbenkian.

DIDÁTICA NO ENSINO DE ASTRONOMIA: MEDINDO A INCLINAÇÃO DO EIXO DA TERRA

Rute Helena Trevisan¹ (*trevisan@npd.uel.br*)

Edmilson de Souza¹

CleitonJoni Benetti Lattari² (*cleiton@npd.uel.br*)

1- Departamento de Física - UEL

2- Departamento de Física - UEL e Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis

Introdução

O Ensino de Ciências torna-se muito mais produtivo e efetivo, quando surge o interesse do aluno pela pesquisa e observação. Isto tem se tornado possível, com a introdução de Astronomia nos currículos do primeiro grau, na maioria das escolas brasileiras. No intuito de preencher uma lacuna no aprendizado dos professores de ciências e também devido a falta de material didático na área, estamos produzindo uma série de experimentos didáticos, simples e de baixo custo, que ensina o aluno a observação dos fenômenos do céu, despertando nele o interesse pelo aprendizado.

Apresentamos aqui um método simples para medir a inclinação do eixo da Terra, verificando os desvios sofridos pela trajetória aparente do Sol (ou Nascer), no primeiro dia de cada uma das quatro estações do ano.

Parte Teórica

No movimento aparente do Sol, e de oeste para Leste, ele percorre paralelos, que por sua vez, apresentam mudanças de inclinação diariamente, mas que são imperceptíveis. Se fotografarmos o horizonte no primeiro dia de cada uma das Estações, ao longo de um ano, poderemos observar o grande desvio deste movimento.

A altura do Sol, e se chama declinação (ângulo medido sobre um círculo horário, entre o Equador e o paralelo que passa pelo Sol)(figura1).

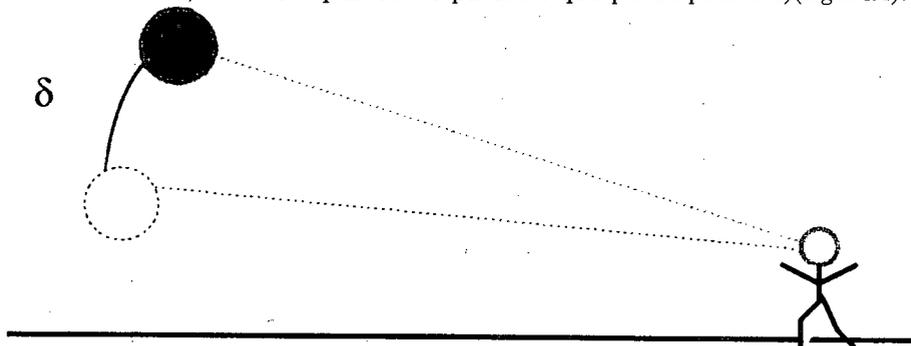


Figura 1 - Declinação do Sol no verão, medida em relação a linha do Equador

No primeiro dia de verão (23 de Dezembro), a declinação do Sol no céu é máxima (vemos o Sol em sua trajetória mais alta possível) e podemos chama-la de δ . Após este dia, a declinação do Sol vai decrescer, até que chega o primeiro dia de Outono, onde o valor da declinação do Sol é 0 (zero). A partir daí, o Sol continua aparecendo a cada dia mais baixo no céu, até chegar o primeiro dia de Inverno, quando sua trajetória é a mais baixa possível, (é negativa por convenção) e chamamos sua declinação de $-\delta$ (figura 2).

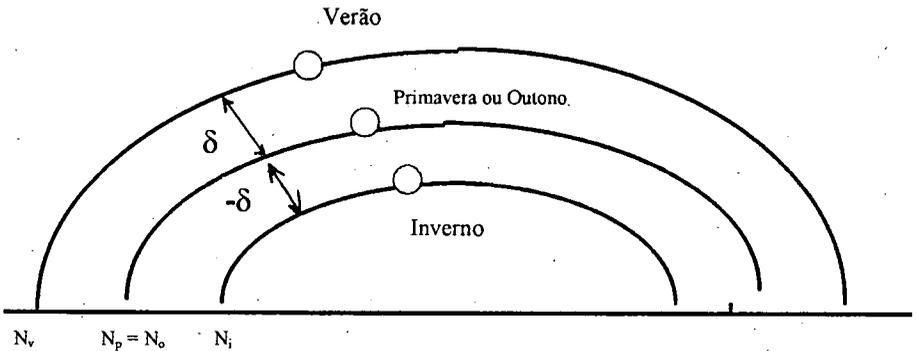


Figura 2 - Trajetória do Sol no céu, no primeiro dia de cada estação N_v - ponto do nascer do Sol no Verão, $N_p=N_o$ -na Primavera e Outono e N_i - no Inverno

Passando as trajetórias do Sol para triângulos esféricos (figura 3), que são projeções da esfera celeste, vemos que:

- Onde: δ é o valor da Latitude do local. Para Londrina, $\delta=23^{\circ}19'$ Sul
- x - distância entre duas posições consecutivas do Sol, em graus
- δ - declinação do Sol (equivale ao valor da inclinação do eixo da Terra, em relação ao plano da Terra)

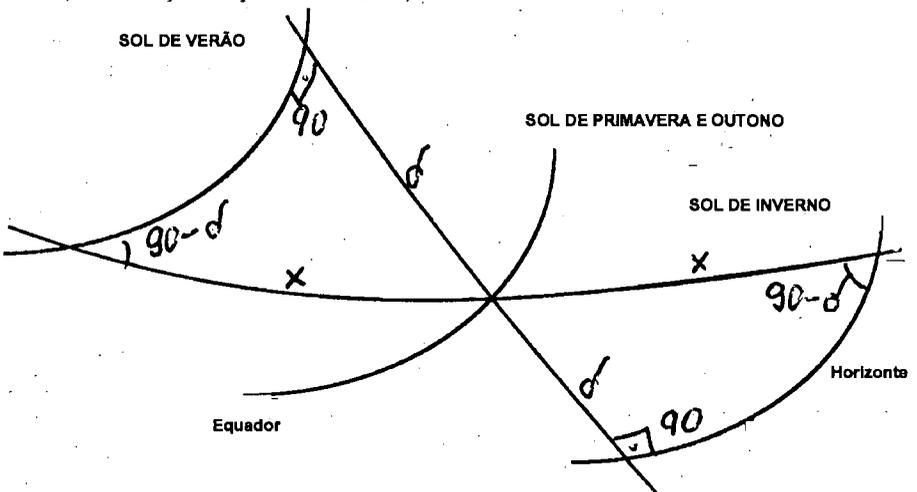


Figura 3 - Paralelos descritos pelo movimento diurno do Sol no céu

Descrição do Experimento

Tomada de Fotos

Este experimento consiste basicamente em se tomar quatro fotos do horizonte, no primeiro dia de cada uma das estações do ano: Primavera, Verão, Outono e Inverno. São usados: câmara fotográfica comum e filme colorido de 100 ASA. São feitas cópias positivas em papel Kodac para que seja possível de se fazer as medidas de distâncias.

No primeiro dia de cada estação, toma-se de 3 a 4 fotos um dia antes e um dia após o dia marcado. A margem de erro não será muito grande. A máquina fotográfica deve ser fixada, se possível num tripé, no mesmo ponto de observação para todas as tomadas durante o ano.

É interessante que se escolha um local onde se pode observar o horizonte livremente, sem prédio, árvores ou ontanhas.

Análise de Dados

Nesta etapa do trabalho, será necessário algum conhecimento de geometria. É necessário que se conheça alguns dados adicionais da geometria do movimento diário do Sol.

Será necessário o conhecimento dos seguintes parâmetros da máquina fotográfica e do filme

- abertura horizonte máxima da objetiva utilizada (a)
- a largura do negativo do filme (n)
- a largura do positivo do filme (p)

Será feita uma tabela com os dados parciais, e utilizando-se alguns cálculos, e usando-se a equação acima, chega-se ao valor de ψ , o desvio da Eclíptica. Este valor é o valor da inclinação do eixo da Terra em relação ao plano da órbita da Terra.

Este trabalho está sendo realizado com crianças de 8ª série do Colégio de Aplicação da Universidade Estadual de Londrina, Paraná.

Referências

- Boczko, R. Conceitos de Astronomia, Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1984.
- Ros, R.M. e Llinás, M.J. Astronomia Didactica, Tribuna de Astronomia, Espanha, 64, Marzo, 1991.

A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS BÁSICOS EM CIÊNCIAS: O HORIZONTE NA ASTRONOMIA

Rute Helena Trevisan¹, Patrícia Fortes¹ (*trevisan@npd.uel.br*)

Cleiton Joni Benetti Lattari² (*cleiton@npd.uel.br*)

1 - Departamento de Física - Universidade Estadual de Londrina

2 - Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis - IMESA/FEMA

1 - Introdução

O ensino de Astronomia induz os alunos a alcançarem um certo nível de observações ao seu redor, além de permitir um trabalho interdisciplinar. Esta observação detalhada e precisa não é sempre fácil de ensinar na escola primária e secundária onde o estudante não está acostumado a adotar um método científico de observação. O trabalho que aqui apresentamos consiste na prática mais fácil e detalhada para o ensino da Astronomia no primeiro e segundo grau. Este trabalho permite o estudo do horizonte local verdadeiro em conjunto com o movimento dos astros usando como recurso básico a fotografia.

O trabalho se compõe das seguintes etapas:

- I. escolha do local
- II. tomada de fotos do horizonte
- III. construção da maquete
- IV. situar na maquete alguns elementos astronômicos abstratos, como por exemplo: o Meridiano Astronômico Local, os Pontos Cardeais e o Equador Terrestre, o que necessita de conhecimentos de geometria.
- V. tomada de fotos de fenômenos celestes próximos do horizonte, como o nascer e por do Sol e da Lua, e os traços do movimento das estrelas quando próximas do horizonte.

O aprofundamento nos estudos dos fenômenos celestes usando-se a maquete, deve ser proporcional à série a qual pertence o aluno.

2 - O Experimento

Local

O local a ser escolhido, será o mesmo onde serão realizadas as aulas práticas de Astronomia. É conveniente que se selecione local alto, onde se tem uma boa visão do horizonte, sem prédios, árvores ou montanhas muito próximos, que possam atrapalhar a visão distante.

Fotos do Horizonte

O método consiste basicamente em se fazer fotografias do horizonte, e construir uma maquete do mesmo. O processo é o seguinte:

adotando uma posição onde colocamos o teipé da câmera fotográfica, com a câmera bem nivelada tomamos deste lugar um conjunto de instantâneos do horizonte, percorrendo um arco de 360° , de forma a dar uma volta completa, voltando ao ponto de partida. A primeira fotografia e a última se superpõem, de modo a se construir uma maquete com fotografias obtidas do horizonte real. O filme a ser utilizado pode ser filme fotográfico comum (100 ASA), e as fotos devem ser tomadas todas no mesmo horário, e de preferência num dia claro de Sol. Não deve ser esquecida a regulagem da câmera para a distância que deve ser colocada na posição infinito.

Construção da Maquete

A maquete pode ser construída de forma simples, sobre um tabuleiro de madeira, onde são fixados suportes para as fotos sobre, um círculo desenhado no mesmo. Neste ponto do trabalho, é imprescindível a ajuda dos professores envolvidos, principalmente para as crianças pequenas que ainda não dominam medidas em um círculo. O diâmetro do círculo desenhado deve ser proporcional ao tamanho do positivo das fotos (veja figura abaixo)

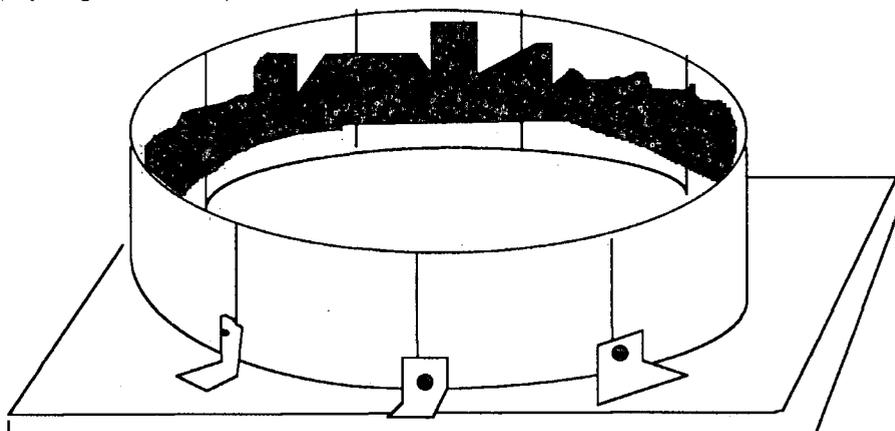


Figura 1:Maquete do Horizonte montada com fotos sobre tabuleiro.

Situar Elementos Astronômicos Abstratos

Podemos determinar o Meridiano Astronômico Local, o por e Nascer do Sol, e os Pontos Cardeais marcá-los no plano da Maquete e situá-los na própria maquete.

Colocamos a maquete no mesmo lugar onde situamos o tripé para se obter as fotos, de forma que coincida com a posição no horizonte real. A posição que ocupa o tripé corresponde ao centro do círculo da maquete. Sugerimos fazer marcas nas fotos da maquete e no chão, para uma maior facilidade de localização da maquete, a cada dia de uso.

A - Determinação do MAL - Meridiano Astronômico Local

Os Pontos Cardeais

O MAL pode ser determinado com o gnomon (Trevisan e Lattari, 1993), uma pequena haste vertical que registra o movimento do Sol. Este método marca a sombra da haste no chão devido ao movimento do Sol durante o decorrer de um dia, (manhã e tarde) e determina a bissetriz do ângulo formado por estas sombras (figura 2). Este processo deve ser realizado com o gnomon situado exatamente no centro da maquete. Após a determinação das linhas Norte-Sul (a bissetriz dos ângulos), marcar a linha meridiana (direção Leste-Oeste, perpendicular a direção Norte-Sul) na base (no chão).

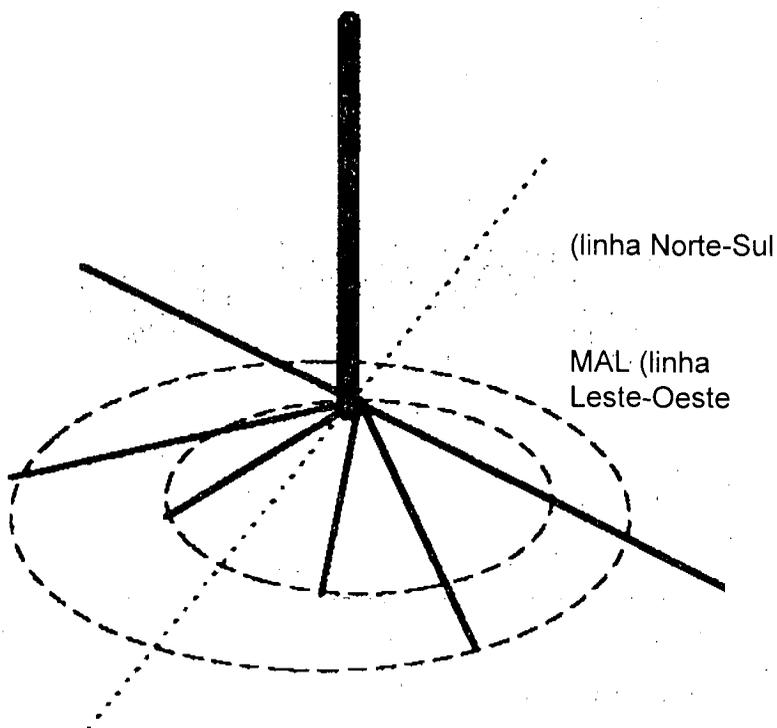


Figura 2: Deterkinação do MAL com o gnomon.

Pode-se também, com ajuda de uma bússola determinar a posição Norte - Sul, a reta meridiana, sobre o plano do horizonte do meridiano local, e comparar com a linha obtida com o gnomon. Preste atenção de não ter objetos ou parte da construção de ferro, o que interferirá no resultado lido na bússola. Neste ponto, pode-se explicar o funcionamento de uma bússola, o magnetismo terrestre e fazer experiências com imãs propondo a construção de uma bússola simples.

O Nascer e o por do Sol e da Lua

O nascer e por do Sol, podem ser fotografados no horizonte e as fotos anexadas na maquete. Pode também ser feito um estudo de deslocamento destes pontos ao longo de um ano fotografando-se os fenômenos mês a mês. É interessante também anotar os dias de solstícios e equinócios, registrando-os em fotografia e colocando-os na maquete.

O Movimento das Estrelas

Situado em um ponto de referência onde colocamos o tripé durante a sessão fotográfica e na direção dos quatro pontos cardeais, podemos tirar algumas fotos do céu e registrar o movimento diurno e noturno dos astros. Durante essa atividade é muito importante nivelar a câmera sobre o tripé para que a borda inferior da fotografia se corresponda ao horizonte. Com isso é possível fotografar e traçar as estrelas sobre o fundo negro. Cuidado, caso ocorra uma grande luminosidade ambiental os resultados podem não ser muito bons.

O movimento das estrelas pode ser fotografado durante a noite, direcionando-se a câmera para uma dada direção, a leste por exemplo, com o tripé no mesmo ponto onde foram tomadas as fotos para a maquete. É necessário que seja um local com muito pouca luminosidade, se possível uma câmera reflex, o filme deve ser branco e preto de alta sensibilidade - 400 ASA. Precisa-se de um cão disparador, que permita uma exposição de dez a quinze minutos. Deve-se fazer alguns testes, variando-se o tempo de exposição. Quanto mais luz tem o local, maior deve ser o tempo de exposição.

Não deve ser esquecido o nivelamento da câmera, que deve enfocar o bordo inferior do horizonte, para que depois de revelada, esta foto possa se anexada à nossa maquete, já pronta.. São recomendados papel mais duro para a revelação da foto, assim teremos uma melhor resolução. No caso de haver muita luz na escola, este tipo de foto não é possível. Pode-se então tirar a foto das estrelas, nu outro local, mas de mesma latitude, e depois anexá-la à maquete.

3 - Conceitos Estudados

São obtidas várias informações a partir das fotos tomadas neste experimento, tais como: a) a confirmação dos pontos cardeais leste e oeste, determinados anteriormente com o gnomon, a partir das fotos do nascer e por do Sol no primeiro dia de primavera ou outono; b) a linha do equador celeste a partir destes pontos e da inclinação dos traços deixados pela foto das estrelas; c) a linha correspondente ao trópico de Capricórnio; d) a variação na duração dos dias no decorrer de um ano; e) pode-se também discutir temas como a localização dos horizontes norte e sul, o zênite, a região de movimento dos planetas e o zodíaco.

4 - Conclusão

A conclusão da Maquete nos permite passar ao aluno conceitos abstratos como linha de equador, trópicos, horizonte local verdadeiro, permitindo imaginar no mundo real tais elementos.

Isto facilita ao aluno o estudo da astronomia de posição que estuda a esfera celeste vista *de fora*, fato este que confunde a cabeça da criança quando sai para uma observação do céu e ela está no mundo real, isto é, *dentro* da esfera celeste.

Com o uso da maquete, o aluno alcança um certo nível de abstração que o ajuda a *entrar* e a *sair* da esfera celeste. Além do que, abre a visão do aluno para a interdisciplinariedade, uma vez que dentro do tema da maquete, outras áreas como a matemática, a geografia e a física podem participar aplicando seus conceitos na construção do experimento.

5 - Referências

Rosa, R. M. e Lanciano, N. Enseñanza, 1996

Trevisan, R. H. e Lattari, C. J. B., Atas do X SNEF, 1993.

UM ENFOQUE ALTERNATIVO PARA A DISCIPLINA DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO (LICENCIATURA E BACHARELADO)

José Pedro Donoso (*donoso@ifqsc.sc.usp.br*)
Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo
C. P. 369, 13560-970 São Carlos, SP

Neste trabalho descreve-se um enfoque alternativo para a disciplina optativa Tópicos de Física Moderna oferecida para os estudantes dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Física. O programa compreende quatro tópicos: física nuclear, física de partículas, relatividade geral e cosmologia. O programa é desenvolvido em dois semestres com uma carga horária de 4 horas semanais. Para os estudantes da Licenciatura, cujo programa não compreende a disciplina de Física de Estado Sólido, são tratados também os tópicos de semicondutores e supercondutores..

Estes tópicos são indispensáveis num currículo de graduação em física pois os estudantes ouvem falar frequentemente destes temas, os quais são muitas vezes tratados na imprensa de forma incompleta ou sensacionalista. As principais dificuldades que um docente encontra para tratar estes tópicos são sua enorme abrangência e os conhecimentos incompletos ou errados que alguns estudantes possuem. Dada a limitação de tempo para um tratamento formal dos assuntos optamos por uma abordagem diferente, introduzindo os conceitos fundamentais, destacando as experiências históricas mais significativas e ilustrando cada tema com exemplos e aplicações. Esta abordagem exige uma cuidadosa escolha do material bibliográfico a ser utilizado, o qual tem que ser bastante atualizado e simples em seus tratamentos. Neste trabalho descrevemos sucintamente o conteúdo programático de cada tópico e o enfoque adotado no seu tratamento, indicando a bibliografia utilizada. Esta inclui textos de física moderna, textos específicos e artigos selecionados das coleções *American Journal of Physics*, *Scientific American* e *Ciência Hoje*, entre outras.

Consideremos em primeiro lugar o tópico de física nuclear. Além dos temas convencionais, como propriedades dos núcleos, forças e modelos nucleares, decaimentos radioativos, reações nucleares e espalhamento, discutimos com certo detalhe os efeitos biológicos da radiação [1-3] e a aplicação da lei de decaimento radiativo na datação arqueológica [2-5]. O capítulo das reações nucleares foi ilustrado com a análise das hipóteses e experiências que conduziram à descoberta do nêutron [6,7]. No capítulo de fissão nuclear aproveitamos para discutir a problemática da geração de

energia. É importante que os estudantes conheçam o que é um reator nuclear, sua eficiência, a energia térmica liberada ao meio ambiente, os combustíveis nucleares, etc. Alguns exemplos simples que ilustram estes temas podem ser encontrados nas referências [2-4]. Recentemente C. Atwood fez um levantamento de artigos didáticos publicados nas revistas *Scientific American* e *Journal of Chemical Education* sobre física e química nuclear [8].

No tópico de partículas elementares (P.E.) discutimos as interações fundamentais, a classificação das partículas [9,10], as leis de conservação [9,11,12], o desenvolvimento dos métodos experimentais e seus custos [12,13] e a descoberta dos quarks [12], dando destaque as experiências históricas que confirmaram previsões teóricas [7,12]. Um esforço especial foi realizado no sentido de mostrar ao estudante que ele tem capacidade de resolver problemas utilizando conceitos que já domina, como são as leis de conservação de energia e momento. Um exemplo ilustrativo é a análise de uma fotografia de uma colisão de partículas em uma câmara de bolhas [14] e os exemplos tratados no texto de Gautreau & Savin [6]. Em relação à discussão de descobrimentos históricos de P.E. podem ser mencionados, entre outros, o caso do positron [12, 4,15], dos mesons [16], o antiproton (exemplo 9-2, ref. [7]), a partícula Ω ([12, 17], exemplo 9-10, ref. [7]), a partícula τ [11,12,18], as partículas W e Z [12,18,19] e o quark top [20-22]. Finalmente foi distribuído para os alunos o artigo de M.A. Moreira que descreve de forma didática um mapa conceitual sobre as P.E [23] e, sobre os aspectos históricos da física de P.E. foram consultado o artigo de L.M. Brown e col. [24] e os trabalhos do Prof. J.M. Bassalo [25].

No tópico de relatividade geral nos limitamos a uma apresentação qualitativa do "Princípio de Equivalência" seguida de uma exposição detalhada dos testes da teoria. Em particular foram analisados: (a) o desvio gravitacional para o vermelho e a experiência de Pound & Rebka [27-29]; (b) o desvio da radiação eletromagnética por um campo gravitacional, analisando as observações óticas realizadas em eclipses solares, as observações rádio-interferométricas, a observação de "lentes gravitacionais" e as observações de retardos nos sinais de rádio; (c) o efeito relativístico no movimento planetário (precessão do perihélio); e (d) os testes realizados no pulsar binário 1913+16, como o avanço do periastron e a radiação gravitacional [27,30]. No tópico de Cosmologia discutimos a expansão do universo, a radiação cósmica [31], os modelos cosmológicos e seus parâmetros [27,32-35], a evolução do universo e, finalmente, os buracos negros e a radiação de Hawking [27,29]. Este último tópico é particularmente de agrado para os estudantes, porém seu tratamento deve ser sério e

cuidadoso, pois a situação atual do conhecimento deixa muitas perguntas por responder. Existe uma abundante literatura nestes temas, entre as quais podemos destacar os textos de Kenyon [27] e Bowler [29] assim como as obras editadas por R. Meyer [36] e P. Davies [37]. Na discussão da evolução do universo e nucleosíntese, onde reaparecem muitos elementos de física nuclear e de física de partículas, seguimos basicamente a abordagem das referências [2, 38,39].

Como o nível de exigência do curso corresponde àquele de um curso de Física Moderna, os problemas das listas (quinzenais) de exercícios foram escolhidos nesses textos [1-3,6-11]. Cada lista continha quatro problemas e uma questão conceitual onde o aluno devia fazer uma pesquisa e uma reflexão para explicar com suas próprias palavras o assunto questionado. Nos demais exercícios era indicada a referência de onde tinha sido extraído o problema, de forma que o estudante pudesse consultar e verificar suas respostas.

É provável que tanto esta sequência de trabalho como a escolha do material bibliográfico sejam a chave para o bom desempenho dos alunos, pois eles não tiveram dificuldades na realização das listas (média superior a 80%) nem no acompanhamento do curso. Podemos dizer que o enfoque utilizado mostrou-se adequado, dado o crescente interesse dos alunos pelo curso, pela participação nas discussões, pelo desempenho nas listas de exercícios e nas monografias, e o entusiasmo nos seminários apresentados no final do curso.

Bibliografia

- 1 - T.R. Sandim, *Essentials of Modern Physics* Addison Wesley, 1989.
- 2 - D. Halliday, R. Resnick, K.S. Krane, *Physics* 4th edition Wiley, 1992.
- 3 - D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fundamental of Physics* 4th ed. Wiley, 1993.
- 4 - A. Das, Th. Ferbel, *Introduction to Nuclear and Particle Physics* Wiley, 1994.
- 5 - J. Labeyrie, *La Recherche* 7 (73) 1036 Dec. 1976, 14 (146) 992 Jull. 1983.
- 6 - R. Gautreau, W. Savin, *Modern Physics*. Schaum's Series McGraw-Hill, 1978.
- 7 - M. Alonso, E.J. Finn, *Física*. Vol. III Addison Wesley Iberoamericana, 1986.
- 8 - Ch.H. Atwood, *Journal of Chemical Education* 71 (10) 845 1994.

- 9 - R. Eisberg, R. Resnick, *Física Quântica* Editora Campus, 1979.
- 10 - P. Tipler, *Física*, Vol 4. 3th ed. Editoras Guanabara - Koogan, 1995.
- 11 - J.D. McGervey, *Introduction to Modern Physics* 2nd ed. Academic Press 1983.
- 12 - Y. Ne-eman, Y. Kirsh, *The Particle Hunters* Cambridge University Press, 1989.
- 13 - J. Ziman, *A Força do Conhecimento*. Livraria Itaiáia & Edusp 1981.
- 14 - H. Whiteside, J. Palmieri, R.A. Burnstein, *American J. of Physics* 34, 1005 1966.
- 15 - P. J. Brancazio, *The Nature of Physics* McMillan, 1978
- 16 - R. Oppenheimer, *Thirty years of mesons physics*. Physics Today Nov. 1966 p. 51.
- 17 - Biblioteca Científica **Life**, O Cientista. Livraria José Olympio Editora 1982.
- 18 - P. Watkins, *The Story of W and Z*. Cambridge University Press, 1986.
- 19 - J.A Mignaco, R.C. Shellard, *Ciência Hoje* 3 (14) 46 Set. 1984, R.C. Shellard, *ibid* 13 (74) 28 Jul. 1991.
- 20 - R. Ladbury, *Physics Today* June 1994 p. 77.
- 21 - A.M. Litke, A.S. Schwarz, *Scientific American* 272 (5) 76 May 1995.
- 22 - J. Huth, "The Search for the Top Quark", *American Scientist* 80 (5) 430 1992.
- 23 - M.A. Moreira, *Revista de Ensino de Física* 11, 114 Dez. 1989 .
- 24 - L.M. Brown, M. Dresden, L. Hoddeson, *Pions to quarks: Particle Physics in the 1950s*, Physics Today Nov. 1988 pag. 56.
- 26 - J.M. Basalo *Crônicas da Física* Tomos 1, 2 e 4. ed. UFPA, 1987, 1990, 1994, Belém.
- 27 - I.R. Kenyon, *General Relativity* Oxford, 1990.
- 28 - Curso de Física de Berkeley, Vol. 1, *Mecânica* Ed. Univ. Brasília & E. Blucher, 1970.
- 29 - M.G. Bowler. *Gravitation and Relativity*. Pergamon Press, 1976.
- 30 - T. Piron, Binary Neutron Stars. *Scientific American* 272 (5) 52 May 1995.
- 31 - S.G. Brush. How Cosmology became a Science. *Sci. Amer.* 267 (2) 62 Aug. 1992.
- 32 - W.J. Maciel, editor *Astronomia e Astrofísica*. Apostila do IAG/USP 1991.
- 33 - Rogério C.T. Costa, *Astronomia e Astrofísica*. Apostila IFSC/USP 1992.

- 34 - I. Asimov, *O Início e o Fim* Melhoramentos e Círculo do Livro, SP, 1978, *Exploring the Earth and the Cosmos* Penguin books, 1982.
- 35 - A. Linde, Inflationary Universe. *Scientific American* **271** (5) 48 Nov. 1994.
- 36 - R. Meyer, editor *Encyclopedia of Modern Physics* Academic Press, 1990.
- 37 - P. Davies, editor *The New Physics* Cambridge University Press, 1989.
- 38 - P. James, E. Peebles, D.N. Schramm, E.L. Turner, R. Kron, The Evolution of the Universe. *Scientific American* **271** (4) 52 Oct. 1994.
- 39 - E.B. Norman, The Origin of the Chemical Elements. *Journal of Chemical Education* **71** (10) 813 Oct. 1994; V.E. Viola, *ibid* **71** (10) 840 (1994) e refs. citadas.

OS OBJETIVOS DO LABORATÓRIO DIDÁTICO NA UNIVERSIDADE: UMA ENQUETE ENTRE ALUNOS E PROFESSORES DO IFUSP

L.B. Horodynski-Matsushigue, P. R. Pascholati, M. Moralles, M.-L. Yoneama,
J.F. Dias e P.T.D. Siqueira (*Lighia@IF.USP.BR*)
Instituto de Física da Universidade de São Paulo,
Caixa Postal 66318, CEP 05389-970, São Paulo, SP, Brasil

Introdução

Numa visão ampla, pode-se discernir duas linhas filosóficas norteando o uso do laboratório didático no processo ensino/aprendizagem, em particular nos anos básicos do terceiro grau [1,2]. A primeira destas coloca como papel fundamental do laboratório ilustrar a teoria através da prática, sedimentando os conceitos que, preferencialmente, foram antes abordados nas aulas expositivas. Por outro lado, na segunda linha [1,3,4] a própria experimentação, incluindo a teoria estatística que norteia a obtenção e análise de dados, deveria ser o alvo do ensino no laboratório.

Recentemente, as disciplinas Física Experimental I e II oferecidas seqüencialmente aos ingressantes no Curso de Bacharelado em Física do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, foram alvos de uma reestruturação didática[5], que claramente enfatizou a linha filosófica da experimentação. Foram inicialmente (na disciplina de Física Experimental I) privilegiados os seguintes objetivos: treino em observação da situação experimental e seleção das variáveis relevantes; aprendizado da teoria estatística de erros e sua aplicação no tratamento de dados experimentais, em particular no que se refere à sua conceituação; conhecimento de instrumentos e de técnicas de medidas e desenvolvimento de habilidade experimental; e aprendizado de técnicas de sistematização, tratamento e apresentação de dados experimentais. A seguir (na disciplina de Física Experimental II), adquirido o ferramental básico para a adequada compreensão dos resultados experimentais, tentou-se priorizar os objetivos gerais: assimilação do importante papel do modelo na análise de experiências; e desenvolvimento de espírito crítico e clareza de pensamento na confrontação entre modelos teóricos e os resultados experimentais. Em Física Experimental II foi ainda introduzido um aprimoramento em técnicas de análise de dados, através da linearização das relações funcionais com ajustes por mínimos quadrados. O objetivo operacional desenvolvimento de capacidade de expressão na forma de relatório científico foi perseguido de forma paralela, sem ser enfatizado. O objetivo geral desenvolvimento de criatividade experimental foi julgado prematuro e tocado de forma apenas incipiente na última atividade de Física Experimental II.

Resultados

A presente contribuição refere-se a uma análise das respostas dadas em junho de 1995 a um questionário, estabelecendo uma hierarquia entre os objetivos propostos para o laboratório didático, através da pontuação de 0 a 5, numa suposta situação ideal e, comparativamente, na situação real de Física Experimental I. Uma versão completa do presente trabalho está sendo submetida a Rev. Bras. de Ensino de Física. A adoção deste questionário possibilitou uma comparação quantitativa com os dados colhidos em 1973, também no IFUSP, com o mesmo questionário[6].

A análise da Tabela I e Figura 1 deixa evidente que os alunos, ingressantes, pontuaram todos os objetivos ideais com notas extremamente altas; também todos os objetivos reais obtiveram pontuação acima do valor que corresponderia à importância regular, ou seja, 2,5.

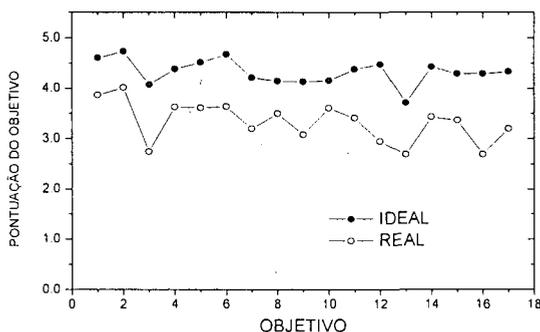


Figura 1a: Pontuação conferida pelos alunos.

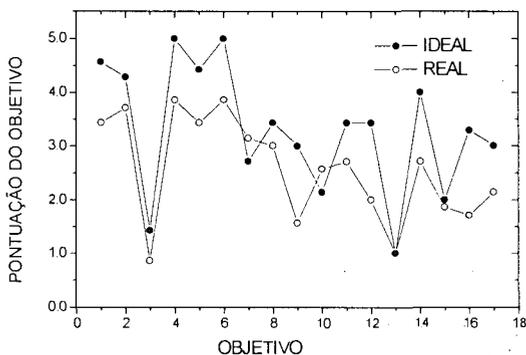


Figura 1b: Pontuação conferida pelos professores.

De fato, nos dados dos alunos a média geral sobre a pontuação de todos os objetivos na situação ideal é de $\overline{M}_I(A) = 4,32$ e a na situação real $\overline{M}_R(A) = 3,32$. O desvio-padrão típico na pontuação de cada objetivo é da ordem de 1 na seqüência ideal e um pouco maior na seqüência real; desta forma o desvio-padrão da pontuação média de cada objetivo é, para os 85 alunos, da ordem 0,1, conferindo significância para a diferenciação entre a maioria dos objetivos, apesar da pouca discriminação dos objetivos ideais. Os resultados dos professores, Tabela I e Figura 2, apresentaram critérios mais restritivos sobre a importância relativa dos objetivos, refletidos também pelas médias gerais de pontuação mais baixas $\overline{M}_I(P) = 3,30$ e $\overline{M}_R(P) = 2,56$. De modo geral, pode-se dizer que ambos, estudantes e professores, ordenaram, tanto na situação ideal quanto na real, os objetivos específicos prevalecendo sobre os gerais e apresentaram nos últimos lugares em importância os objetivos que se referem a apoio do laboratório para a teoria.

Tabela 1 : Questionário e as pontuações de cada objetivo segundo respostas de alunos e professores.

	Descrição do objetivo	Alunos				Professores			
		M_I	s_I	M_R	s_R	M_I	s_I	M_R	s_R
1	Desenvolver habilidades práticas básicas	4,60	0,83	3,86	0,96	4,57	0,79	3,43	0,98
2	Familiarizar os Estudantes com instrumental padrão e técnicas de medida importantes	4,73	0,54	4,01	0,87	4,29	0,95	3,71	0,95
3	Ilustrar material ensinado nas aulas teóricas	4,07	1,29	2,74	1,34	1,43	1,40	0,86	0,69
4	Ensinar princípios e atitudes no trabalho experimental	4,38	1,00	3,62	1,05	5,00	0,00	3,86	0,69
5	Treinar os estudantes em observação	4,51	1,05	3,61	1,18	4,43	0,53	3,43	1,13
6	Treinar os estudantes na interpretação de dados experimentais	4,67	0,73	3,63	0,99	5,00	0,00	3,86	0,90
7	utilizar dados experimentais para resolver problemas específicos	4,21	1,09	3,19	1,17	2,71	1,11	3,41	1,57
8	Treinar os estudantes no preparo de relatórios escritos	4,14	1,23	3,49	1,24	3,43	0,53	3,00	0,58
9	Treinar os estudantes em aspectos de projeto experimental	4,13	1,27	3,08	1,37	3,00	1,00	1,57	0,98
10	Proporcionar melhor	4,15	1,11	3,60	1,20	2,14	1,35	2,57	1,27

	contato entre professores e alunos								
11	Infundir confiança no método científico	4,38	1,09	3,40	1,19	3,43	1,27	2,71	1,38
12	Estimular e manter o interesse dos alunos no estudo de Física	4,47	1,09	2,94	1,44	3,43	1,51	2,00	1,00
13	Ensinar algum material <i>teórico</i> não incluído nas aulas de teoria	3,71	1,40	2,68	1,44	1,00	0,82	1,00	0,58
14	Encorajar pensamento independente	4,42	1,04	3,42	1,34	4,00	1,00	2,71	0,95
15	Demonstrar o uso do método experimental como uma alternativa para o método analítico de resolver problemas	4,29	0,96	3,36	1,18	2,00	1,41	1,86	1,46
16	Motivar os estudantes para o estudo de Física	4,29	1,19	2,69	1,53	3,29	1,38	1,71	1,11
17	Ajudar a transpor a barreira entre teoria e prática	4,33	1,26	3,19	1,42	3,00	1,00	2,14	0,90

Conclusão

Pode-se afirmar que os alunos, ingressantes no IFUSP, estão basicamente de acordo com o que os professores consideram importante na disciplina de Física Experimental I e consideram que a realidade não está muito distante das expectativas. A análise revelou também que houve mudanças significativas de enfoque entre 1973 e 1995 e que estas mudanças foram percebidas e acompanhadas pelos alunos.

Referências

- [1] J.C. Menzie, *The Lost Arts of Experimental Investigation*, Am. J. Phys. **38** (9);1121-1127(1970).
- [2] M.C. Robinson, *Undergraduate Laboratory in Physics:Two Philosophies*, Am. J. Phys. **47** (10);859-862(1979).
- [3] F.R. Yeatts, *Measurement Oriented Basic Physics Laboratory*, Am. J. Phys. **47** (1);46-49(1979).
- [4] J.G. Potter e J. Burns, *Alternative Justification for Introductory Physics Laboratory Courses*, Am. J. Phys. **52** (1);12-13(1984).
- [5] J.H. Vuolo et al., *Apostila de Física Experimental I -FEP113*, IFUSP, 1991 - 1996.
- [6] J. Zanetic, *Practical Work in Physics Teaching/Learning at the University Level*, Dissertação de Mestrado em Science Education, Centre for Science Education, Chelsea College, University of London, 1974.

O EFEITO FOTOELÉTRICO NO 2^o GRAU - UMA PROPOSTA

Eduardo de Paula Cordeiro
Mauro Costa da Silva

Momento Adequado para a Introdução do Tema no Conteúdo Programático

Podemos iniciar o estudo da eletrodinâmica questionando o nosso aluno como é possível fazer com que elétrons fluam de um lado para outro de um fio "isolado". -"Será que por diferença de potencial gravitacional isso será possível?"

Após alguns instantes par reflexão, ele concluirá quanto à necessidade de uma d.d.p. (conceito adquirido na eletrostática) para que ocorra o fluxo de elétrons desejado. Se necessário, pode-se-á utilizar um modelo hidrodinâmico comparativo para facilitar a construção do conhecimento pelo aluno. O modelo consiste em ligar por intermédio de tubulações, duas caixas d'água situadas em diferentes alturas, com água contida apenas na caixa superior e um registro entre as duas. Ao ser aberto, a água fluirá espontaneamente para a caixa inferior. Para que a água retorne à caixa superior, fica fácil perceber a necessidade de uma bomba para o serviço. De modo análogo, o gerador fará o papel da bomba no circuito elétrico, proporcionando aos elétrons um potencial suficiente para que ocorra o fluxo ordenado destes, originando então a corrente elétrica.

Após fixado esse conceito, podemos mostrar a possibilidade de se ter também uma corrente elétrica sem que a d.d.p. seja a condição fundamental. Fazendo incidir um feixe luminoso sobre uma placa condutora, é possível retirar elétrons através da excitação provocada pela energia de fótons (raios de luz) nela incidentes. A esse fenômeno dá-se o nome de Efeito Fotoelétrico.

Uma abordagem Fenomenológica do Efeito Fotoelétrico

Falamos no tópico anterior que um d.d.p não é condição fundamental para se estabelecer uma corrente elétrica. Dissemos ainda que é possível retirar elétrons de uma placa condutora através da incidência de um feixe luminoso.

Vamos detalhar esse fenômeno conhecido como Efeito Fotoelétrico.

O tipo de equipamento utilizado para se entender o efeito fotoelétrico está esquematizado na figura 1.

Luz monocromática incidindo sobre uma placa metálica A, excita os elétrons livres desta, ejetando-os. Estes são atraídos pela placa B, devido a uma d.d.p. entre A e B.

A passagem desses elétrons completa o circuito ABCD e é lida uma corrente elétrica no amperímetro (A).

Vamos chamá-la de corrente fotoelétrica.

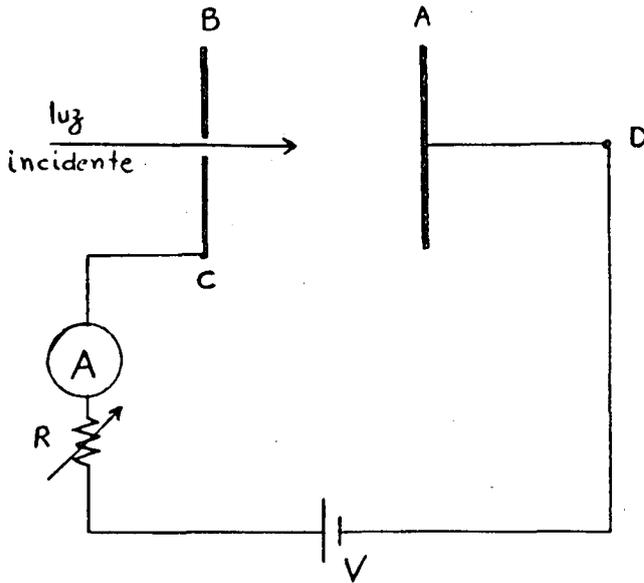


Figura 1

Devemos chamar atenção para o fato de que, mesmo quando não há d.d.p. entre as placas A e B, alguns fotoelétrons emitidos por A são coletados na placa B e produzem uma pequena corrente. À medida que se estabelece e se aumenta a d.d.p. entre as placas, mais fotoelétrons são coletados e a corrente fotoelétrica aumenta. Observe na figura que o reostato permite a variação da d.d.p.

Se a d.d.p. for suficientemente grande, a corrente fotoelétrica atingirá um certo limite (corrente de saturação), no qual todos os fotoelétrons ejetados da placa A serão coletados pela placa B.

Experiências comprovam que se dobrarmos a intensidade da luz incidente na placa A, a corrente de saturação duplica, ou seja, quanto mais luz incidir na placa A, maior será o número de elétrons ejetados por ela e, conseqüentemente, maior a corrente fotoelétrica. Vale ressaltar, porém, que não é a intensidade da luz incidente o fator responsável pela ejeção de elétrons da placa, e sim a freqüência dessa luz (cor da luz).

Veremos mais adiante que os elétrons da placa só conseguem ejetar-se quando recebem uma certa "dose" de energia. É a freqüência da luz incidente que determina essa "dosagem" de energia, que pode ser suficiente para ejetar os elétrons da placa ou não. Vai depender também do material que constitui a placa.

Se agora trocarmos o sinal da d.d.p. (através de uma chave inversora) entre as placas, reduziremos a corrente, porque aí, B vai repelir os elétrons. A corrente fotoelétrica não se anula imediatamente, o que prova que os elétrons são emitidos de A com uma velocidade diferente de zero. Alguns ainda conseguirão atingir a placa B, apesar do

campo elétrico se opor ao seu movimento. Entretanto, aumentando-se essa diferença de potencial em valor absoluto, atingir-se-á um certo valor V_0 (potencial de corte) para o qual cessa completamente a corrente fotoelétrica. O produto desse potencial V_0 com carga do elétron e nos fornece a energia cinética máxima do fotoelétron ejetado, ou seja:

$$E_{\text{max}} = V_0 e$$

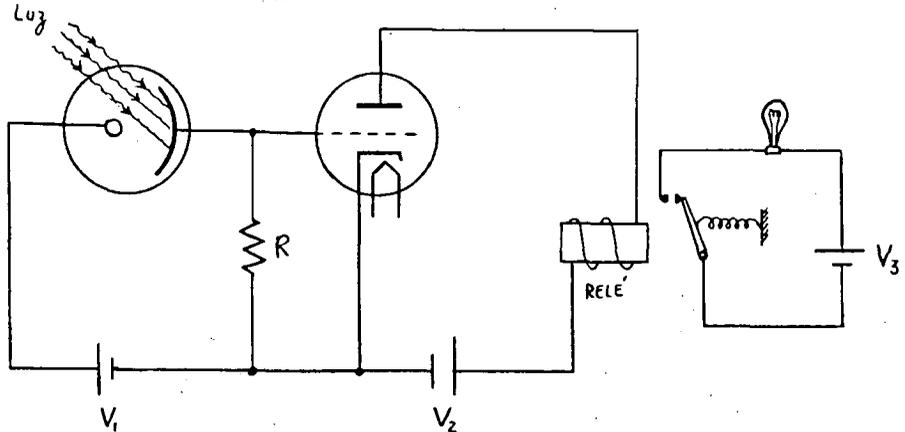
Entendendo melhor, quando um fóton atinge uma superfície, ele cede uma certa quantidade de energia para ejetá-lo, sendo essa quantidade de energia uma característica do material que constitui a placa. Parte dessa energia é usada para arrancar o elétron da superfície do metal. O restante se transforma em energia cinética do fotoelétron, que irá levá-lo até a outra placa.

No momento, é suficiente esta abordagem que fizemos do efeito fotoelétrico para visualizarmos e entendermos como ele funciona.

No tópico seguinte, demonstraremos esse efeito, para então nos determos em um detalhamento completo sobre o assunto.

Demonstração Prática do Efeito Fotoelétrico

Apresentamos um emissor de fótons e um receptor que contém uma célula fotoelétrica. Um circuito simples está acoplado ao conjunto para demonstrarmos o efeito.



Detalhamento do Efeito Fotoelétrico com Enfoque Histórico

Descrição Qualitativa do Efeito Fotoelétrico

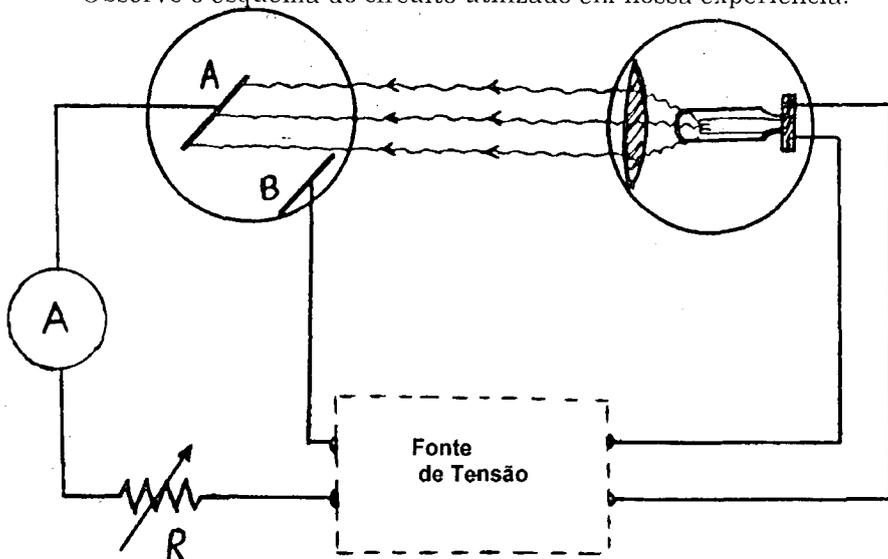
A remoção de elétrons da superfície polida de certos materiais, quando iluminada com radiação eletromagnética de determinada frequência, é denominada Efeito Fotoelétrico.

Em 1887, enquanto trabalhava em seus aparelhos de radiotransmissão de descarga elétrica, Hertz percebeu que quando da

presença de outra descarga elétrica durante suas experiências, essas ocorriam mais rapidamente.

Estudos mostraram que tal fenômeno era devido aos elétrons liberados pelas superfícies dos eletrodos ao absorverem a radiação. Um vez liberados, esses elétrons poderão iniciar a descarga elétrica responsável pela faísca.

Observe o esquema do circuito utilizado em nossa experiência:



Na figura, interessa para o nosso estudo que os dois eletrodos A e B encontram-se num invólucro evacuado. A fonte de tensão nos permite variar o módulo e a polaridade de $V_b - V_a$. O amperímetro nos permite comparar as intensidades de corrente fotoelétrica à medida que variarmos $V_b - V_a$.

Fazendo-se incidir luz sobre o eletrodo A, fotoelétrons são removidos. Para que estes sejam atraídos pelo coletor B e, conseqüentemente apareça corrente fotoelétrica no circuito, é preciso que o potencial elétrico deste seja mais positivo que o de A ($V_b - V_a > 0$).

Relação entre a corrente fotoelétrica e a ddp das placas

Vamos ver como a corrente fotoelétrica varia com a diferença de potencial aplicada entre as placas.

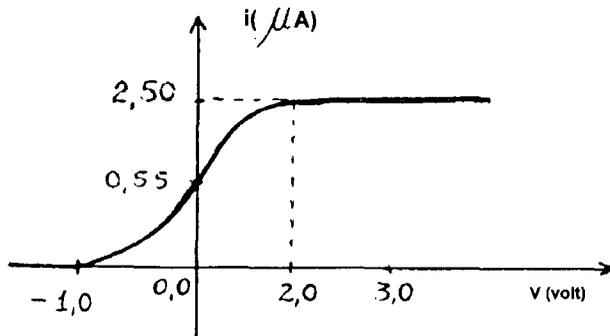
À medida que variamos o valor da ddp, usando o potenciômetro da fonte, variamos a ddp e percebemos que a corrente elétrica aumenta. Podemos fazer uma tabela onde aparecem os valores da ddp e as respectivas correntes elétricas.

V(v)	-1,0	-0,3	0	0,7	2,0	3,0
i(μA)	0	0,32	0,55	1,85	2,5	2,50

Observamos que a corrente se torna constante a partir de um certo valor de V . Dizemos que a corrente ficou saturada. Isto acontece porque todos os fotoelétrons atingem o coletor quando este se torna suficientemente atrativo.

Por outro lado, a corrente diminui quando $V_b - V_a$ se torna mais negativo, podendo até se anular. É verdade, pois neste caso B repele os elétrons e A, o próprio terminar de onde são arrancados, os atrai. Podemos determinar qual é o potencial menos negativo para o qual a corrente se anula. Na tabela, verificamos que isso ocorrem $V_c = -1,0$ Volt. Chamaremos este potencial de Potencial de corte.

Com os valores tabelados, podemos construir o gráfico *corrente x ddp*:



Conclusões

- 1- a corrente fotoelétrica depende da ddp entre as placas, onde V_c é o potencial de corte
- 2- para $V < V_c$ nenhum fotoelétron possui energia suficiente para vencer o potencial retardador e a corrente é nula.
- 3- Para $V > V_c$, à medida que V cresce, os fotoelétrons com maior energia começam a atingir o coletor B
- 4- quando B se torna suficientemente positivo e todos os fotoelétrons emitidos o atingem, a corrente se torna constante

Relação entre a corrente e a ddp para diferentes intensidades luminosas

Variar a intensidade luminosa significa variar o número de lâmpadas da fonte ou o potenciômetro de uma única fonte luminosa sem, no entanto, modificar a frequência da luz incidente (cor da luz).

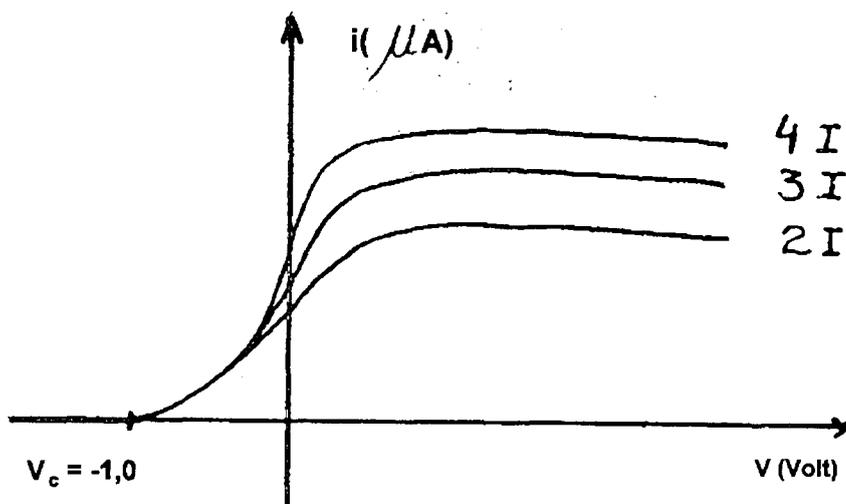
Vamos construir uma nova tabela onde aparecerão o valor da ddp aplicada às placas e a intensidade de corrente correspondente a cada intensidade luminosa (I).

I	V (v)	-1,0	-0,5	0	0,5	1,0	2,5
3	$i(\mu\text{A})$	0	0,12	0,60	1,88	3,15	3,75
4	$i(\mu\text{A})$	0	0,12	0,62	2,12	4,00	5,00

Observando a tabela, podemos construir que a corrente varia com a intensidade luminosa I. A corrente fotoelétrica é maior quando a

intensidade luminosa aumenta. Logo, o número de elétrons emitidos por A aumenta.

Plotando um gráfico *corrente x ddp*, para esta nova experiência, encontramos:



O gráfico mostra claramente que a corrente fotoelétrica aumenta com a intensidade luminosa e que o potencial de corte (V_c) não depende da intensidade luminosa.

Conclusões

- 1- a corrente depende da ddp e da intensidade luminosa
- 2- o potencial de corte independe de I
- 3- a corrente elétrica depende de I

Observação:

Só existe corrente para $V \geq V_c$

Relação entre a energia máxima e a frequência incidente para uma intensidade luminosa fixa

Variar a frequência da luz é o mesmo que variar a cor da luz emitida pela fonte, mantendo a intensidade da luz constante.

A frequência da luz visível varia desde $4,6 \cdot 10^{14}$ Hz (vermelho) até $7,6 \cdot 10^{14}$ Hz (violeta) embora nos possamos trabalhar com frequências menores e maiores que a da luz visível, como o infravermelho e o ultravioleta.

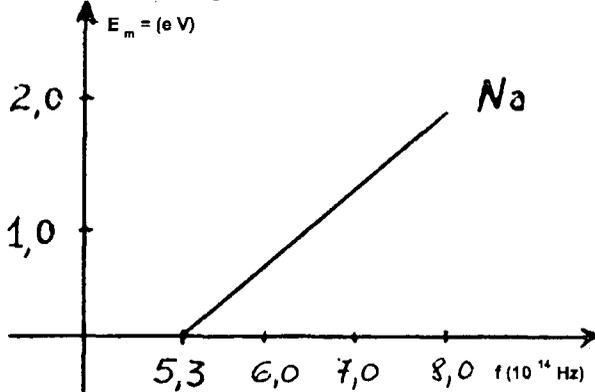
O que se observa, através da experiência é que não existe corrente para todas as frequências do espectro. Só a partir de uma determinada frequência é que passa a existir uma corrente.

Fazendo-se incidir sobre uma placa de sódio (Na) tres frequencias diferentes, pode-se determinar para cada uma, o potencial de corte.

A tabela mostra os resultados obtidos para o sódio e relaciona o potencial de corte com a energia cinética máxima dos fotoelétrons.

Frequencia	V_c (volt)	E_m (elétron-volt)
ultravioleta	-1,5	1,5
anil	-0,6	0,6
verde	-0,1	1,0

A seguir, mostramos o gráfico relativo a esses dados:

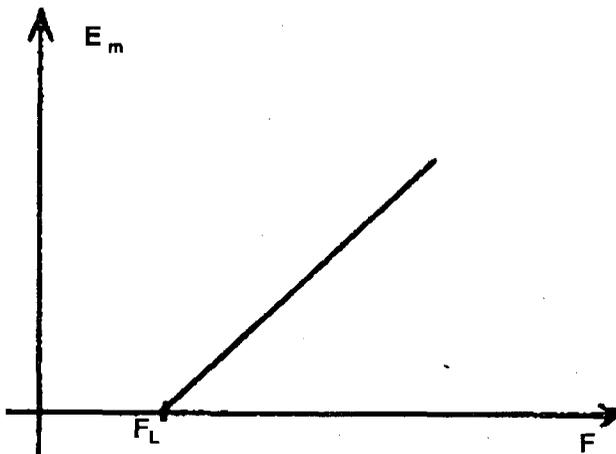


Para frequência incidente menor do que certo valor, não há elétrons emitidos. Essa frequência é chamada frequência limite (f_l). No presente caso, seu valor é $5,3 \cdot 10^{14}$ Hz.

A partir da frequência limite, a energia máxima dos fotoelétrons é linearmente proporcional à frequência incidente.

Conclusão

1- a energia cinética máxima (E_m) dos fotoelétrons arrancados do material varia como mostra a figura:



Onde: f_l é a frequência limite

2- para $f < f_l$, não há corrente fotoelétrica

3- para $f > f_l$, E_m cresce linearmente

Observação

A E_m não depende da intensidade luminosa.

Relação entre frequência limite e o material, para uma dada intensidade luminosa fixa

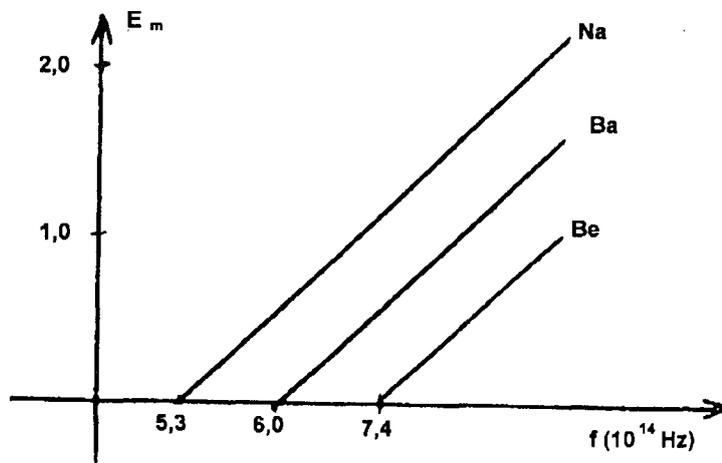
Na experiência anterior foi possível determinar a frequência limite para o sódio e concluir que abaixo dessa frequência não há liberação de fotoelétrons.

Veremos agora a relação entre a frequência limite o material utilizado nas placas, mostrando que a frequência limite não é a mesma quando se muda o material da placa.

Seguindo o mesmo procedimento utilizado na experiência anterior, vamos construir tabelas para diferentes materiais e determinar o potencial de corte para cada um deles.

Material: bário		
frequência	V_c (volt)	E_m (eV)
ultravioleta	-1,2	1,2
violeta	-0,6	0,6
anil	-0,3	0,3

O gráfico $E_m \times f$ é mostrado a seguir:



Nele, mostramos o Sódio (Na) já visto na experiência anterior, o Bário (Ba) e o Berílio (Be).

A conclusão que se chega é que a frequência limite depende do material da placa.

Observe ainda que a inclinação das retas é a mesma para os três materiais.

Experiências semelhantes com outros materiais mostram que a inclinação é sempre a mesma para todos os materiais que apresentam efeito fotoelétrico.

Um fato interessante que observamos é que cada material oferece uma certa resistência à remoção de elétrons de uma superfície. É necessária uma energia mínima para realizar trabalho par remover um elétron do material, chamada de função trabalho (W). Através de cálculos verificou-se que:

$$E_{\text{mínima}}=W=h \cdot f_l$$

$$\text{onde: } h=\text{constante de Planck}=4,1 \cdot 10^{-15}(\text{eV})$$

Assim:

$$W_{\text{na}}=2,17 \text{ eV}$$

$$W_{\text{ba}}=2,46 \text{ eV}$$

$$W_{\text{be}}=3,03 \text{ eV}$$

Neste exemplo, o sódio possui a menor função trabalho. Logo, é mais fácil arrancar elétrons do sódio do que do Bário ou do Berílio.

Conclusão Geral

Efeito fotoelétrico é o fenômeno que consiste na remoção de elétrons da superfície polida de certos materiais, quando iluminada com radiação eletromagnética de determinada frequência.

A energia cinética máxima dos fotoelétrons depende da frequência da luz (cor) e do material iluminado. Para um mesmo material, quanto maior a frequência da luz, maior a energia dos fotoelétrons.

A energia dos fotoelétrons independe da intensidade luminosa. Luz mais intensa apenas arranca mais elétrons, gerando maior corrente fotoelétrica.

Histórico

O efeito da emissão de elétrons de uma placa metálica quando iluminada foi primeiramente observado por Hertz, em 1887, ao notar que a centelha entre duas esferas surgia mais rapidamente quando suas superfícies eram iluminadas pela luz de outra centelha.

Alguns fenômenos da Óptica Física, como a difração e a interferência da luz, são explicados admitindo-se que a luz possui natureza ondulatória. Observações experimentais do efeito fotoelétrico ano permitem uma explicação desse fenômeno pelo modelo ondulatório. Curiosamente, verificou-se que a velocidade máxima de emissão é independente da intensidade da luz, mas depende do seu comprimento de onda. É verdade que a corrente fotoelétrica aumenta com a intensidade da luz, mas isso acontece somente porque mais elétrons são emitidos. Com a luz de um dado comprimento de onda, não importa quão fraca ela possa ser, a velocidade máxima dos fotoelétrons de uma dada superfície é sempre a mesma, desde que a frequência seja mais alta que a frequência de corte.

Note que a frequência mínima não deveria existir no modelo ondulatório, pois bastaria aguardar o tempo necessário para que a energia acumulada fosse suficiente para arrancar elétrons. Além disso, a energia numa frente de onda de luz é insuficiente para ocasionar a libertação quase imediata de fotoelétrons. Assim, só após algum tempo, durante o qual o elétron absorveria a energia necessária, ele poderia ser emitido.

A explicação do efeito fotoelétrico foi dada por Einstein em 1905, embora sua teoria fosse tão radical que só em 1916 é que ela foi confirmada experimentalmente por Millikan.

Segundo Einstein, um feixe de luz é constituído de pequenos pacotes de energia chamados de quanta de luz ou fótons. A energia de um fóton é proporcional a sua frequência e dada pela expressão:

$$E=h.f$$

Quando um fóton colide com um elétron na superfície de um metal, ele pode transferir sua energia ao elétron. Ao abandonar a superfície do metal, o elétron perde uma quantidade de energia W (função trabalho). Alguns elétrons podem perder mais do que isso, se eles se encontram a uma distância abaixo da superfície metálica, mas a energia com que o elétron pode emergir é a energia ganha do fóton menos a função trabalho.

Einstein recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1921 pelo seu trabalho sobre o efeito Fotoelétrico.

Observação: Os gráficos e tabelas apresentados no texto foram extraídos do Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, 4(2): 68 - 88. Ago 1987.

APROXIMANDO CONTEÚDO ESCOLAR E CONTEXTO VIVENCIAL DO ESTUDANTE NO ENSINO DE FÍSICA

Décio Auler
Eduardo Adolfo Terrazzan
MEN-CE-UFSM

1. Introdução

Este trabalho, realizado no âmbito de uma dissertação de mestrado, constitui-se numa reflexão sobre as possibilidades de mudanças no ensino de física na escola média, mediante a análise de uma proposta pedagógica desenvolvida junto a uma turma de alunos. Nesta proposta, estruturada segundo a dinâmica dos momentos pedagógicos, idealizados por Angotti e Delizoicov, convergem elementos do cotidiano, contribuições da História da Ciência e resultados de pesquisas sobre concepções alternativas. Procura-se contemplar a interdependência entre conteúdo pedagógico, contexto vivencial dos estudantes e método de ensino, no desenvolvimento do estudo da física térmica. Para isso, foram enfatizados conhecimentos relacionados às leis da termodinâmica, fundamentais tanto na estrutura conceitual da ciência física, quanto para a compreensão de múltiplos aspectos do nosso cotidiano.

2. Os Momentos Pedagógicos

Na elaboração desta proposta pedagógica, utilizamos como base uma dinâmica de trabalho resultante de práxis (ação e reflexão) educacionais realizadas por José A Angotti e Demétrio Delizoicov (1982, 1990, 1991). Estas práxis corporificaram-se na elaboração de três momentos como dinamizadores da ação pedagógica, os assim chamados momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

Na conformação do 1º momento pedagógico - problematização inicial, como também nos outros dois, convergem aspectos teóricos de Freire (1976) e Snyders (1988). O viés freireano fala da necessidade de partir do "saber de experiência feito". Da mesma forma, se tomarmos a proposição de Snyders, toda a ação pedagógica deve partir da "cultura primeira".

Neste momento pedagógico, objetiva-se apreender a forma como os conteúdos estão presentes na "cultura primeira". Para tanto, a escolha de dispositivos, fenômenos ou situações para a problematização, deve atender a dois requisitos básicos: ser familiar ao aluno - estar em ressonância com a sua vivência e permitir a emergência dos conhecimentos agregados à temática em estudo.

Na problematização inicial, além de estabelecer uma ligação entre o conteúdo e a realidade vivencial do educando, quer-se propiciar a emergência de conhecimentos e opiniões agregadas à temática em questão, bem como a colocação das situações problematizadas e daquelas emergentes no processo, na perspectiva de se constituírem desafios intelectuais para estes.

No segundo momento pedagógico, mediante um processo de "continuidade-ruptura", realiza-se um "afastamento crítico" para o estudo dos conhecimentos universais necessários à compreensão da temática planejada e à resolução das situações-problemas que se configuraram como desafiadoras. Neste afastamento, as situações / fenômenos / dispositivos começam a ser interpretados através de conhecimentos universais. O professor introduz a cultura elaborada, ou seja, aqueles conhecimentos universais necessários à compreensão das situações codificadas.

Os conhecimentos universais selecionados, transformados em conteúdo escolar, são tais que permitam a descodificação das situações inicialmente codificadas, daquelas emergentes durante o processo, bem como a construção do conhecimento físico pertinente à temática em estudo.

Nesta dinâmica, o conteúdo escolar deixa de ser um simples "depósito" de conhecimentos, passando a constituir-se como algo que vem ao encontro das soluções, dos desafios, dos problemas, dos desequilíbrios provocados.

Freire (1976) e Snyders (1988) são bastante críticos em relação a pedagogia tradicional, chegam a postular uma inversão radical, não no sentido de negligenciar conhecimentos universais, mas no sentido de veicular conhecimentos necessários à compreensão de "temas geradores" (Freire), "temas significativos" (Snyders).

Desse modo, o ponto de partida do processo educacional não devem ser os problemas idealizados comumente presentes nos manuais didáticos. Ao contrário, pela problematização/discussão de situações reais, de questões de natureza prática e do âmbito vivencial dos alunos. Esta problematização encaminha à necessidade de se trabalhar conhecimentos universais, passíveis de aplicações em uma gama extremamente ampla de situações, sejam do cotidiano imediato ou mesmo de caráter especulativo/prospectivo.

Durante a aplicação do conhecimento - 3º momento pedagógico, há um retorno à realidade problematizada inicialmente para a sua rediscussão/reinterpretação sob a ótica do conhecimento científico sistematizado. Procura-se utilizar os modelos e as leis formuladas também para a compreensão de outras situações específicas, extrapolando, inclusive, o cotidiano imediato dos alunos.

Em síntese, no desenvolvimento destes três momentos, parte-se da problematização da realidade imediata para, em seguida, realizar um "afastamento crítico" para o estudo do saber já sistematizado e, ao final,

retorna-se à realidade, inicialmente problematizada, para reinterpretá-la à luz do conhecimento científico (re)construído individual e coletivamente.

3. A Proposta Elaborada e Desenvolvida

A estruturação e o desenvolvimento de uma proposta pedagógica junto a uma turma de 2^o série do ensino médio, de uma Escola da Rede Estadual, em Santa Maria, RS, consistiu numa reinvenção/recriação dos momentos pedagógicos, num contexto específico, diverso daqueles em que foram concebidos por seus idealizadores.

Nesse processo de recriação, procurou-se contemplar a inseparabilidade entre conteúdo e método, vinculando-os através da contextualização que lhes é inerente, resultando numa proposta pedagógica que consiste num detalhamento da unidade de trabalho sugerida por Angotti e Delizoicov no livro *FÍSICA, Coleção Magistério - 2^o Grau*, Editora Cortez, 1991, denominada *Ciclo da Água*, que corresponde à temática da física térmica.

O referido material, propõe, em linhas gerais, um programa oriundo de uma temática central: *Produção, Distribuição e Consumo de Energia Elétrica*. Esta tema central quer possibilitar a conexão entre o conhecimento em Física e situações do cotidiano próximo e distante, além de contribuir para uma visão em extensão, de conjunto. Uma visão da estrutura conceitual da física.

As sugestões de abordagem em profundidade, encontram-se em seis unidades, subdivididas em 21 tópicos. Cada contexto será definidor sobre a possibilidade de abordar todos estes tópicos ou parte deles. A dinamização destes é sugerida através dos momentos pedagógicos, anteriormente explicitados.

No desenvolvimento desta proposta pedagógica junto a esta turma de alunos, não realizamos uma investigação temática propriamente dita, mas nos aproximamos da postulação freireana ao iniciarmos o processo pela discussão/problematização dos conhecimentos, opiniões e valores agregados à temática em questão. A dialogicidade e a problematização é contemplada a partir da proposição das questões propostas inicialmente.

Partindo da concepção de Snyders de iniciar o processo pelos temas significativos, há uma certa garantia de ressonância entre as questões propostas e a vivência dos alunos. Num cotidiano impregnado de temas científicos e tecnológicos, onde o mundo natural e o mundo transformado pelo homem intercambiam influências, a proposição de situações, fenômenos ou dispositivos familiares ao aluno, permite que se inicie o processo educacional pelo "saber de experiência feito" sobre a temática em questão.

4. Reflexões Sobre o Trabalho Desenvolvido

A proposta desenvolvida, mesmo tendo alguma repercussão em nível escolar, foi insuficiente para provocar mudanças estruturais. O processo vivenciado, desafiando a inércia conservadora presente na postura de pessoas e em estruturas petrificadas, não esteve imune a críticas. Ouvir os educandos, respeitá-los em seus conhecimentos, sentimentos e paixões, já representa um fator desequilibrador e alvo de críticas.

Uma nova proposta de trabalho, num contexto onde a possibilidade de sonhar com mudanças está adormecida, representa uma ameaça a uma estrutura aparentemente organizada e harmônica. Uma ameaça à "confortável" rotina. O trabalho desenvolvido configurou-se como um anúncio da possibilidade de superação de práticas estereotipadas vigentes no sistema escolar.

Com o desenvolvimento desta proposta pretendeu-se avaliar as possibilidades de, apesar das limitações e determinações existentes, colocar o ensino de física numa nova perspectiva. Perspectiva que contribua para a elevação do nível cultural da população, para a compreensão de aspectos básicos do mundo natural e tecnológico e para a formação de um cidadão consciente da importância da sua participação na tomada de decisões na sociedade.

Apesar dos fatores limitantes, aproveitando as "brechas" disponíveis, emergiram indicativos sobre a possibilidade de caminhar em direção aos objetivos acima delineados, em direção à superação do principal aprendizado propiciado, hoje, pelo ensino de física e pela escola em geral: o aprendizado da passividade.

Na avaliação dos alunos sobre a proposta desenvolvida, bem como na minha análise, fica caracterizado o fato de que uma participação mais efetiva do aluno requer a ressonância entre o mundo da vida e o mundo da escola. A resolução mecânica de problemas-padrão, característica peculiar à maioria dos livros de física em uso no meio escolar, dificilmente motivará uma participação mais efetiva.

Ainda, a aproximação entre conteúdo escolar e a prática social vivida, aspecto implícito na dinâmica dos momentos pedagógicos, não significa esvaziamento de conteúdos; pelo contrário, possibilita uma discussão conceitual mais rica.

Esta constatação foi referendada na avaliação feita pelos alunos. De um total de 30 alunos, em questionamentos que não induziram respostas, 7 alunos constataram que "a física não é só fórmulas". Outros 7 alunos assinalaram que, nesta dinâmica de trabalho, é possível "aprender mais em qualidade e/ou quantidade".

Mesmo que esta experiência educacional, fugaz e limitada, não tenha o poder de transformação estrutural, aponta para um horizonte utópico, um horizonte onde existe uma nova escola. Momentaneamente, este horizonte está ofuscado por determinações que afetam o contexto

escolar, "o baixo salário não me anima a estudar e trabalhar" (fala de uma professora).

Porém, quando a maioria absoluta dos alunos (26) declara as aulas ótimas/boas/interessantes, emerge o germe de uma práxis educacional que, no momento oportuno, poderá acelerar a caminhada em direção ao horizonte utópico.

Quando solicitados a opinarem sobre mudanças ocorridas nas aulas de física, 6 alunos declararam que o conteúdo esteve relacionado ao dia-a-dia. Questionados sobre aspectos que diferenciaram as aulas de física das demais disciplinas, 11 alunos também constataram que estas estão relacionadas ao dia-a-dia. Neste sentido, emerge aqui um forte indicativo de que é possível superar, ao menos parcialmente, a desvinculação entre conteúdo escolar e o contexto vivencial do educando.

A vinculação entre conteúdo escolar e o contexto vivencial, pretendida pela proposta elaborada e manifestada pelos alunos após o desenvolvimento desta, aponta para uma escola que contribua para a descodificação de situações ou fenômenos, ou seja, contribui para desvelar as realidades natural e tecnológica, permitindo que os alunos, enquanto participantes de uma sociedade, possam posicionar-se criticamente em relação a estas realidades e aos problemas sociais delas decorrentes.

Exemplificando, a discussão sobre o calor de combustão da gasolina, do diesel e do álcool; relativamente ao rendimento - alta porcentagem de energia degradada num motor de combustão interna, a discussão sobre o transporte coletivo e o carro particular, comparando a energia "consumida" (transformada) e a massa (pessoas) transportada, representam conhecimentos que não resolvem os problemas mais prementes de grande parcela da população brasileira. Porém, o exercício da cidadania plena não se restringe à satisfação das necessidades básicas, pressupõe autonomia e emancipação (entendidos no sentido de autodeterminação), preparando e possibilitando a participação nas discussões sobre o destino de uma nação.

Por exemplo, a questão energética, tendo no pró-álcool um projeto genuinamente brasileiro, deveria interessar a todos os brasileiros. A discussão deste projeto deve ocorrer a nível de sociedade civil, não ficando restrita aos "experts" e aos interesses dos usineiros.

As possibilidades desta dinâmica de trabalho (momentos pedagógicos) quanto a uma interdependência conteúdo-contexto-método, estão intimamente relacionadas com a postura do professor.

A dinâmica implícita nestes momentos pedagógicos faz com que esta proposta de trabalho não se configure apenas como uma inovação metodológica sobre os conteúdos tradicionalmente programados. A constante discussão/problematização provoca a emergência de novas situações/fenômeno que remetem a novos conteúdos ou à reelaboração dos já presentes.

Contudo, esta abertura do professor para a inserção de novos conhecimentos que dêem conta dos aspectos emergentes nas discussões,

depende de sua concepção sobre o ato epistemológico e pedagógico. Para um professor que ignora os conhecimentos construídos no espaço não formal da escola, o simples "depósito" de conteúdos é amplamente justificado.

A dinâmica da interdependência entre conteúdo-contexto-método, pode ser facilmente deturpada, reduzindo os momentos pedagógicos a uma simples inovação metodológica, utilizando-os apenas para melhor trabalhar, por exemplo, a termometria e a calorimetria.

Este reducionismo metodológico, risco subjacente aos 3 momentos, foi sendo superado, no trabalho desenvolvido, na medida em que houve abertura para o diálogo, para a problematização e para a introdução de novos conhecimentos necessários à compreensão de situações-problema emergentes.

Por exemplo, a discussão da liquefação dos gases, plasma, fusão a frio, supercondutores, criogenia, necessidade de termômetros cada vez mais sensíveis, constituem conhecimentos trabalhados que emergiram da discussão-problematização.

Em nível metodológico, 6 alunos classificaram a metodologia como boa, "uma forma mais fácil de aprender". Há algumas falas de alunos que, embora quantitativamente não tenham uma frequência expressiva, qualitativamente evidenciam a percepção de uma mudança bastante significativa: "não só decorar", "mudou meu jeito de aprender", "desenvolver os próprios conhecimentos", "capacidade de aprender melhorou".

A aceitação desta dinâmica de trabalho ficou bem caracterizada quando, questionados sobre a validade desta forma de trabalhar e se optariam pela continuidade desta sistemática, 28 alunos manifestaram-se favoravelmente.

No desenvolvimento da proposta, a atitude da maior parte dos alunos em eximir-se da participação na (re)construção do conhecimento teve profundas implicações na realização das problematizações iniciais. No início, a perseguição às respostas "corretas", praticamente inviabilizou este momento pedagógico.

As discussões dos grupos pouco giravam em torno das questões propostas. Havia uma constante preocupação em "obter respostas corretas". Para isto, faziam constantes consultas aos outros grupos ou ao professor.

Na opinião de um aluno desta turma, "o que adiantaria responderem, quando solicitados pelo professor, se as suas respostas estariam erradas". Esta idéia, com maior ou menor intensidade, representava o pensamento do grupo. Era sintomático o medo que possuíam em dar respostas erradas.

Na problematização inicial, objetiva-se, entre outras coisas, estabelecer um diálogo entre os conhecimentos que os alunos trazem para a escola. Quer-se iniciar o processo educacional pelo "saber de experiência feito" (Freire 1992), pela "cultura primeira" (Snyders 1988). Porém, os

alunos haviam introjetado a idéia de que o seu saber não tinha significado. A desvalorização que atribuíam às suas próprias opiniões e conhecimentos constituiu-se numa característica marcante.

No início do desenvolvimento do trabalho, o que caracterizava a dinâmica da sala de aula era o papel passivo assumido pelos alunos, negando qualquer responsabilidade num empreendimento coletivo. Com a nova dinâmica de trabalho proposta, contrariou-se a expectativa dos alunos. Estes esperavam que o professor lhes trouxesse "verdades", "conceitos prontos".

Partimos exatamente daquilo que, para eles, era insignificante, ou seja, dos seus conhecimentos. Esta inversão foi dolorosa, angustiante e, acima de tudo, desafiadora.

Esperavam que pudessem continuar sendo consumidores passivos de verdades que o professor lhes entregava. Porém, "exigiu-se" que passassem a ser (re)construtores de conhecimentos.

Uma educação embasada na recepção passiva do conhecimento não cria a possibilidade de participação. Por outro lado, para que esta assuma uma dimensão progressista, precisa, entre outras coisas, contribuir para a construção de uma cultura de participação. Esta nova cultura é fundamental para a (re)construção coletiva do conhecimento e da sociedade, aspectos que se relacionam dialeticamente.

Na práxis (ação-reflexão) realizada, configurou-se a necessidade de ter presente os obstáculos que um processo educacional dialógico enfrenta em função de uma cultura de não participação em que o aluno está inserido. Aspecto que é vivenciado na sociedade e, em grande parte, perpetuado na escola. Desta forma, a construção de uma cultura de participação representa um processo lento e doloroso, sendo necessário a construção de uma nova postura frente ao objeto a ser conhecido.

Este aspecto, ou seja, o uso de metodologias que estimulam a passividade, aliado a histórica desvinculação entre conteúdo escolar e o mundo vivido, tem contribuído para a construção de uma cultura de não participação. Uma cultura que Paulo Freire chama de "cultura do silêncio".

A avaliação, conformadora de atitudes e valores no meio escolar, conforme análise de Machado (1993), é praticada de modo coerente com a concepção de conhecimento acima explicitada. Se o conhecimento é simplesmente dado, transmitido, depositado, na avaliação verifica-se o montante dos depósitos. Neste sentido, a (re)construção do conhecimento, muitas vezes, não passa de uma simples expressão verbal utilizada no jargão pedagógico, que consegue ofuscar parcialmente a importância da "construção" da nota.

No nosso caso, assim como a preocupação com as "verdades", aspecto discutido anteriormente, o fator "nota" também afetou profundamente a problematização inicial. No início do desenvolvimento do trabalho, os alunos somente queriam realizá-la se esta valesse nota, se

o professor definiu claramente o "peso" desta atividade no cômputo da nota final.

Desde o primeiro momento, procuramos discutir a questão da avaliação. A emergência do questionamento sobre "vale nota?" permitiu que iniciássemos o trabalho discutindo a construção e a avaliação do conhecimento, apontando para a inseparabilidade destes dois aspectos.

Neste diálogo, em que discutimos a avaliação como integrante de um processo de construção do conhecimento, comecei a perceber mais claramente a profundidade e o enraizamento do aspecto que chamo de "caça às notas".

Mesmo após a discussão da importância da problematização inicial, no processo de (re)construção do conhecimento, portanto, participando da configuração de uma nota, vários grupos interpretaram este processo como dispensável. Segundo um aluno, "se não vale nota, por que fazer isto?"

A "caça às notas", agregada a simples transmissão de conceitos e fórmulas matemáticas, exclui o esforço da (re)construção, da participação. Exige decorar, "forçar" o professor a dar poucos conteúdos e, se possível, "colar".

A desconsideração/desvalorização dos conhecimentos prévios também possui uma íntima relação com o fator nota. Segundo o raciocínio dos alunos, respostas "corretas" transformam-se em notas "boas". Aos nossos "conhecimentos incorretos" atribuem-se notas baixas. Portanto, vamos desprezá-los.

Nesta caminhada, em direção a uma maior participação dos alunos em sala de aula, houve saltos. Porém, também houve recuos. Os resultados da vivência de um processo mais participativo, envolvendo poucas aulas semanais, podem ser facilmente neutralizados quando inseridos num contexto escolar, influenciado pelo contexto social, predominando, em ambos, a exclusão.

Mesmo havendo avanços na idéia da (re)construção do conhecimento, a maioria dos alunos não consegue libertar-se da dinâmica mais abrangente que rege o cotidiano escolar.

Pode-se afirmar que, para romper com um contexto impregnado pelas marcas da passividade, não basta apresentar questões para discussão e esperar que se instaure um processo participativo. A participação exige uma mudança de postura bastante radical. Tal como a aprendizagem não ocorre pela simples transmissão de conteúdos, a participação não pode se transmitir. Precisa ser vivenciada, construída.

Sintetizando, entre as possibilidades emergentes no desenvolvimento desta proposta pedagógica, destacam-se, entre outras, uma maior vinculação entre o mundo da escola e o mundo da vida do estudante, a superação, ainda que parcial, do principal aprendizado propiciado pelo ensino de física corrente em nossas escolas: o aprendizado da passividade e a contemplação da interdependência entre conteúdo-contexto-método.

5. Referências Bibliográficas

- ANGOTTI, J. A. et DELIZOICOV, D. "Física". Cortez, São Paulo. 1991.
- ANGOTTI, J. A. P. "Fragmentos e Totalidades do Conhecimento Científico e do Ensino de Ciências". Tese de Doutorado, Faculdade de Educação da USP, São Paulo. 1991.
- ANGOTTI, J. A. "Solução Alternativa para a Formação de Professores de Ciências". Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, São Paulo. 1982.
- ANGOTTI, J. A. et DELIZOICOV, D. "Metodologia do Ensino de Ciências". Cortez, São Paulo. 1990.
- AURANI, K. M. "Ensino de Conceitos: Estudo das Origens da Segunda Lei da Termodinâmica e do Conceito de Entropia a Partir do Século XVIII". Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP. 1987.
- BACHELARD, G. "Epistemologia". (Trechos escolhidos por Dominique Lecourt). Zahar Editores, Rio de Janeiro. 1983.
- BACHELARD, G. "O Novo Espírito Científico". Tempo Brasileiro. Rio de Janeiro. 1968.
- BERNAL, J. D. "Ciência na História". Horizonte, 7 vols., Lisboa. 1976.
- BLISS, J. "Ideas of Change and Probability in Children and Adolescents". *Physics Education*, 13, 408-413. 1978.
- CAFAGNE, A. "Concepções Alternativas em Termodinâmica: A Atribuição da Causalidade". Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP. 1991.
- CASTRO, R. S. "História e Epistemologia da Ciência; Investigando suas Contribuições num Curso de Física de Segundo Grau". Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, São Paulo. 1993.
- CATALAN FERNANDEZ, A. et CATANY ESCANDELL, M. "Contra el Mito de la Neutralidade de la Ciencia: el Papel de la Historia". In: *Enseñanza de las Ciencias, Espanha*, 4(2): 163-166. 1986.
- CRAWFORD, E. "A Critique of Curriculum Reform: Using History to Develop Thinking". In: *Physics Education*, 28. 1993
- DELIZOICOV, D. "Concepção Problematicadora para o Ensino de Ciências na Educação Formal". Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, São Paulo. 1982.
- DELIZOICOV, D. "Conhecimento, Tensões e Transições". Tese de Doutorado, FEUSP, São Paulo. 1991.
- FREIRE, P. "Pedagogia da Esperança: Um Reencontro com a Pedagogia do Oprimido". Paz e Terra, 2ª ed., Rio de Janeiro. 1992.
- FREIRE, P. "Pedagogia do Oprimido". Paz e Terra, Rio de Janeiro. 1976.
- GAGLIARDI, R. et GIORDAN, A. "La Historia de las Ciencias: Una Herramienta para la Enseñanza". In: *Enseñanza de las Ciencias, Espanha*, 4(3):, 253-258. 1986.

- GIL PÉREZ, D. "Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de un Modelo de Enseñanza/ Aprendizaje como Investigación". In: *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2): 197-212, UAB/UV, Valencia/Barcelona. 1993.
- GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. "Física Térmica - Óptica". Editora da USP, Vol. 2, São Paulo. 1991.
- HIGA, T. T. "Conservação de Energia: Estudo Histórico e Levantamento Conceitual dos Alunos". Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, São Paulo. 1988.
- KESIDOV, S. et DUIT, R. "Students Conceptions of the Second Law of Thermodynamics - An Interpretive Study". In: *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, nº 1, 85-106. 1993.
- MACHADO, N. J. "Avaliação Educacional: Das Técnicas aos Valores". Coleção Documentos, Série Educação para a Cidadania, Vol. 5, Instituto de Estudos Avançados/USP. 1993.
- MATTHEWS, M. R. "Historia, Filosofia y Enseñanza de las Ciencias: la Aproximación Actual". In: *Enseñanza de las Ciencias*, Espanha. 12(2), 255-277. 1994.
- MENEZES, L. C. "Física Contemporânea e as Muitas Maneiras de Subdividi-la". Notas de Aula, Mimeografado, Instituto de Física da USP, São Paulo. S/Data.
- MORTIMER, E. F. "Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para Onde Vamos?". In: *Terceira Escola de Verão/FEUSP*, pags. 56-74, São Paulo. 1994.
- PIAGET, J. "A Epistemologia Genética". Vozes, Petrópolis. 1973.
- POSNER, G. et alii. "Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change". In: *Science Education*, UP/John Wiley, 66(2): 221-227, Pittsburgh. 1982.
- PSSC - Physical Science Study Commitee. "Physics". D. C. Heath, Boston. 1960.
- SNYDERS, G. "A Alegria na Escola". Manole, São Paulo. 1988.
- TERRAZZAN, E. A. "Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média". Tese de Doutorado, FEUSP, São Paulo. 1994.
- VIGOTSKY, L. S. "A Formação Social da Mente". Martins Fontes, São Paulo. 1988.
- ZANETIC, J. "Física Também É Cultura". Tese de Doutorado, FEUSP, São Paulo. 1989.

ASSESSORIA NA AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE ASTRONOMIA DOS LIVROS DE CIÊNCIAS PRIMEIRO GRAU

Rute Helena Trevisan¹ (*trevisan@npd.uel.br*)
CleitonJoni Benetti Lattari² (*cleiton@npd.uel.br*)
João Batista Garcia Canalle³

1- Departamento de Física - Universidade Estadual de Londrina - UEL

2- Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis - IMESA

3- Instituto de Física - Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ

Introdução

A reforma do Currículo Básico da Escola Pública da maioria dos Estados brasileiros, principalmente no Estado do Paraná (SEED, 1990), tem introduzido Astronomia desde a pré-escola até a oitava série do Primeiro Grau. Os técnicos das Secretarias da Educação, na tentativa de preencher uma lacuna no conteúdo de astronomia dos seus professores, tem procurado assessoria junto aos astrônomos profissionais, para melhorar o nível do ensino dos conteúdos de astronomia da escola primária do estado, através de cursos e palestras de pessoal qualificado (Lattari e Trevisan, 1993; Lattari e Trevisan, 1995). Está ocorrendo também uma inclusão da disciplina Astronomia, como disciplina obrigatória do currículo, em alguns cursos do terceiro grau, de licenciatura em ciências (Lattari e Trevisan, 1995a.). Além disso, ocorreram discussões sobre como deve ser ministrada a interdisciplinaridade dos conteúdos programáticos de ciências, onde se inclui astronomia. Durante estas discussões, um ponto discutido exaustivamente forma os conteúdos dos livros didáticos, que se sabe, estão colocados de forma incompleta e, na maioria das vezes completamente errados.

Indo ao encontro aos anseios destes professores, e cumprindo um dos objetivos da Comissão de Ensino da Sociedade Astronômica Brasileira, iniciamos durante o ano de 96, a análise do conteúdos de Astronomia de livros didáticos do Primeiro Grau.

Requisitos mínimos de Aceitabilidade

Um livro didático possui alguns requisitos mínimos de aceitabilidade. São eles: requisitos educacionais, programáticos e a metodologia.

Os editais de aprovação de um livro didático em geral, seguem estes requisitos segundo algumas normas, que levam em consideração erros gramaticais e/ou conceituais, apresentação que comprometa a legibilidade, como má distribuição do texto, ilustração ou vinhetas, que comprometam a clareza da página, dificultando a leitura (SEED, 1994).

O livro de ciências deve apresentar como objetivo principal a explicitação das necessidades históricas que levaram o homem a compreender e a apropriar-se das leis que movimentam, produzem e regem os fenômenos naturais. O ensino de ciências deverá contribuir na tentativa de liberar o aluno dos preconceitos, do misticismo, da magia e credências presentes no seu cotidiano.

O ensino de astronomia por sua vez, deve ser realizado na forma de noções ou conceitos básicos, para que os alunos possam inter-relacioná-los com os conceitos desenvolvidos por outros ramos da ciência, assim como a Física, a Biologia, e as Ciências da Terra e do Espaço.

A abordagem metodológica deve ser compatível com a proposta curricular da Escola Pública do estado, demonstrar rigor científico e atualidade nos conceitos e informações veiculadas; os exercícios devem privilegiar a oralidade, leitura e escrita; estimular a reflexão, pesquisa e a criatividade.

Análise dos livros

A análise do conteúdo de Astronomia de uma das coleções analisadas será apresentada aqui. Segue parte desta análise.

Coleção Quero Aprender - Editora Ática

Autor: Carlos Barros

4 volumes

Astronomia nos volumes 2 e 3

Acompanha caderno de atividades

Textos

Ocorrem muitas vezes afirmações falsas, como por exemplo: "Astros são corpos que giram no espaço." (pag5, parágrafo4, vol2). Os satélites artificiais também "giram no espaço" e não são astros.

Ou: "O que nós vemos no céu à noite? À noite vemos a Lua e as estrelas" (pag7, vol2). Mesmo à vista desarmada, podemos ver outros objetos no céu à noite, tais como galáxias, cometas, satélites artificiais, aglomerados, etc.

"A Terra por exemplo, faz dois tipos de movimentos: movimento de rotação e movimento de translação". (pag14, parágrafo2, vol2). Não é verdade. A Terra faz muitos movimentos. Entre eles, os mais importantes são o de translação e de rotação.

"Durante o movimento de translação, o clima da Terra vai se modificando, dando origem às quatro estações do ano: primavera, verão, outono e inverno" (pag15, parágrafo4, vol2). Conceito errado: Dá a impressão de que o único fator responsável pelas estações do ano é o movimento de Translação da Terra. Nem cita que a inclinação do eixo da Terra, aliada ao movimento de translação da Terra, é a causa das estações do ano na Terra.

“O movimento de translação da Terra dá origem às estações do ano: primavera, verão, outono e inverno” (pag19, parágrafo2, vol2). É uma questão de um exercício e está colocada como Verdadeira no Livro do Professor. Novamente não cita o principal motivo das estações do ano.

Os planetas Marte e Vênus também têm estações, mas Júpiter não tem. Será que Júpiter não tem o movimento de Translação? Sabemos que sim. Júpiter leva 11,86 anos terrestres para dar uma volta em torno do Sol. Marte leva 1,88 e Vênus leva menos de um ano (0,62 anos). A diferença básica entre estes planetas com estações e Júpiter quase não possui estações ao longo de uma translação completa é o fato de que Júpiter quase não possui inclinação do plano do Equador em relação ao plano de sua órbita. Esta inclinação é de apenas $3^{\circ}12'$ e para Vênus, a inclinação vale 177° (Zeilik, 1990). Observe que estes ângulos são formados entre o equador e o plano da órbita do planeta.

“O que são constelações? Constelações são agrupamentos de estrelas que parecem estar formando um figura” (pag8, parágrafo1, vol3). As estrelas das Constelações, na maior parte das vezes, não formam um “agrupamento”. Em geral são estrelas muito distantes umas das outras, que, para nós aqui na Terra, dão a impressão de estarem próximas formando um agrupamento.

“Quando a Terra gira ao redor do Sol ela está realizando o movimento de translação. Ao fazer esse movimento, a Terra gira sempre inclinada. Ora ela chega mais perto do Sol, ora ela se afasta dele”(pag8, parágrafo6, vol2). Texto acompanhado de uma figura, onde a proximidade e o afastamento da Terra ao Sol está exagerado. Esta diferença é muito pequena para ser colocada como informação neste contexto. Dá o conceito errado de que esta diferença pôde ser um fator importante nas estações do ano, que estão explicadas logo abaixo. Sabemos que a excentricidade da órbita da Terra vale 0,0167 (aproximadamente 0,02) e o semi-eixo maior vale 149.600.000 Km. Além disto, não cita em relação a que a Terra esta inclinada.

“Ao girar inclinada, algumas partes recebem mais luz e calor do que outras” (pag8, vol2) O autor não citou que a inclinação da Terra é de $23^{\circ}27'$, do seu equador em relação ao plano de sua órbita. Ou mais simplesmente, poderia dizer que ao girar inclinada em relação ao plano da órbita,...”O movimento de translação da Terra ao redor do Sol dura 365 dias ou um ano. Ele dá origem às quatro estações do ano: primavera, verão, outono e inverno” Faltou a ligação entre a primeira e a segunda afirmação. Dá a impressão que o principal fator das estações do ano é o movimento de translação e não a inclinação do eixo terrestre aliada ao movimento de translação.

Conteúdos que deveriam ter sido discutidos e não foram ou o foram de forma equivocada, em ambas as coleções

Não foi discutido tamanho angular do Sol e da Lua, nem as dimensões relativas do Sol e das outras estrelas; é muito importante que se coloque a grande diferença entre as dimensões do Sol e dos planetas, e do Sol e de outras estrelas, muito maiores ou menores do que ele.

Não foi comentado em nenhum momento a existência do Cinturão de Astróides, onde 2000 deles possuem sua órbita precisamente conhecida de tem nomes individuais, sendo que 50000 deles são observados com grandes telescópios (Frass, 1992). O Cinturão de Asteróides fica entre as órbitas de Marte e de Júpiter. O Cinturão não é totalmente preenchido, mas apresenta lacunas. Algumas sondas espaciais detectaram que não existe poeira fina entre os asteróides. Existem grupos ou famílias de asteróides, que caminham juntos, em geral segundo um planeta como um “cachorrinho” segue seu dono. Segundo Júpiter, orbitam os asteróide é Cers, com 1025 Km de diâmetro e somente 30 asteróides são maiores que 200 Km (Maciel, 1991).

O movimento de rotação da terra, o dia e a noite, foram colocados de maneira muito superficial.

As Estações do ano não foram corretamente explicadas.

A existência das Galáxias no Universo não foi citada.

Não foi citada a existência de luas nos outros planetas do Sistema Solar.

Os dados sobre os planetas estão desatualizados (veja exemplo na Tabela I, que pode ser feita em conjunto com os alunos, em trabalho de pesquisa na biblioteca).

Conclusão

O conteúdo de astronomia em todos os livros analisados, é muito fraco. Em geral, subestima-se a inteligência das crianças, que só pela televisão, já receberam muito mais informações do que estão colocadas nos livros, que as apresentam de maneira errada. O exemplar do professor não contribui em nada para o processo pedagógico. Não oferece informações adicionais do assunto, limitando-se a dar a resposta à questão (em geral uma só palavra). Não há uma relação entre assuntos necessariamente interligados (como Sol, Calor, possibilidade de vida em outros planetas). Os livros não apresentam glossário, as ilustrações apresentam erros repetidos e muitas vezes absurdos. Não se estimula o aluno a ver os fenômenos do céu, no dia a dia, estimulando a pesquisa e a observação. Apenas os exemplares 2 e 3 apresentam cerca de 10% de astronomia, truncando o conteúdo que poderia ser apresentados de maneira mais completa e correta ao longo dos quatro anos do primeiro grau.

Referências

- Bóczdo, R. *Conceitos de Astronomia*, 1984, Ed. Edgard Blücher
- Canalle, J.B.G., *Comparação entre os tamanhos dos planetas e do Sol*, Caderno Catarinense de Ensino de Física, Vol 11, no2, pag141-144, 1994.
- Canalle, J.B.G., *O sistema solar numa representação teatral*, Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol 11, no1, pag27-32, 1994a
- Canalle, J.B.G., *A luneta com lentes de óculos*, Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol 11, no3, pag212-220, 1994a
- Hands on Universe*, Royal Greenwish Observatory, 1996.
- Lattari, C.J.B.; Trevisan, R.H., Romano, E.B. *O Ciclo Solar Máximo: Um Estudo Ilustrativo*, Atas do X SNEF, pag484-489, 1993.
- Lattari, C.J.B.; Trevisan, R.H., *Curso Básico de Astronomia para Professores de Ciências segundo a Nova Proposta do Estado do Paraná no Programa de 5a. e 6a. séries*, Atas do X SNEF, pag487-493, 1993.
- Lattari, C.J.B.; Trevisan, R.H., *Astronomia no Curso de Aperfeiçoamento para Professores de Física*, -Atas do XI SNEF, pag164-166, 1995.
- Lattari, C.J.B.; Trevisan, R.H., *Implantação de Astronomia em Currículo Básico do Curso de Ciências*, Atas do XI SNEF, pag166-170, 1995a.
- Maciel, W.J. *Astronomia e Astrofísica*, Ed. IAG/USP, São Paulo, 1991.
- SEED - Secretaria da Educação do Estado do Paraná, *Currículo Básico para a Escola Pública*, Curitiba, 1990.
- Trevisan, R.H., *Assessoria na Avaliação do Conteúdo de Astronomia nos Livros de Ciências do Primeiro Grau*, Boletim da Sociedade Astronomica Brasileira, Vol 15, no1, p43-44, 1995
- Trevisan, R.H., Bruno, A.T.; Faraco, S.; *Apresentação de Materiais Didáticos para Observação do Sol em Feira de Ciências*, Atas do XI SNEF, pag155-158, 1995.
- Trevisan, R.H., Lattari, C.J.B.; *Observando o Eclipse Solar de 1994 - Na Escola de 1o.Grau*. Atas do XI SNEF, pag170-174, 1995.
- Trevisan, R.H., Souza, E; Naborro, R.A.; *Astrolábio: um meio de complementar os conceitos básicos de Astronomia de 5a. a 8a série do primeiro grau*. Atas do XI SNEF, pag174-177, 1995a

UMA ANÁLISE CRÍTICA DA ABORDAGEM DA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA EM LIVROS DE FÍSICA BÁSICA.

Carlos Daniel Ofugi Rodrigues
Maurício Pietrocola de Oliveira

Abstract

Este trabalho examina como a teoria da relatividade restrita é abordada em alguns livros de física básica adotados pelas universidades brasileiras. A pouca ou nenhuma ênfase aos aspectos históricos do processo de surgimento e desenvolvimento da teoria da relatividade restrita fragiliza a compreensão e apreensão, por parte do aluno, dos novos conceitos de espaço, tempo, e suas implicações. A própria falta de "porquê" das questões ou dos princípios apresentados nestes livros, mostra a fragilidade da base argumentativa por parte dos autores ao apresentar uma teoria tida como um marco na evolução do conhecimento físico.

2. Introdução

O plano que desenvolvido teve como objetivo realizar uma análise crítica sobre a maneira como três livros de física básica (Tipler, Mckelvey, Feynman), frequentemente utilizados nos cursos das universidades brasileiras, abordam a Teoria da Relatividade. Essa Teoria não tem recebido a devida atenção da pesquisa em ensino de física, apesar de ser considerada como um marco na evolução do conhecimento físico pela imposição de mudanças no padrão de pensamento.

A mudança nos conceitos de espaço e tempo é que dá surgimento a entraves no entendimento da Teoria. O afastamento da realidade vivida pelos estudantes e as situações em que a teoria se aplica, faz com que a apreensão dos novos conceitos esteja diretamente proporcional ao grau de entendimento da teoria, sem ter como comprovação os fenômenos cotidianos.

A argumentação é portanto, de fundamental importância no aprendizado do aluno. Mas, onde poderemos buscar meios que convençam os alunos de tal teoria ?

Nós buscamos a resposta no próprio desenvolvimento natural da história, que trás em sí, motivos intrínsecos para o surgimento dessa nova teoria. Todo o processo de adoção e posterior queda do éter como referencial absoluto diante dos experimentos realizados, além da percepção de que a natureza não possui particularidades trazem em seu conteúdo as explicações necessárias para o entendimento.

Da forma com que vêm sendo ministrados os cursos de relatividade, os alunos não assimilam essa teoria, mas apenas tomam

conhecimento de sua existência; e o fundamental, que é a mudança de conceitos, não se faz.

É por isso que levantamos o perfil dos instrumentos didáticos utilizados pelos autores dos livros na introdução dessa teoria, e em particular verificar se existe uma aproximação entre a apresentação didática e o desenvolvimento histórico da teoria.

3. Material e Métodos

Para que a análise crítica da abordagem da teoria da relatividade restrita em livros de física básica seja procedente, se fez necessário o estudo, tanto da história da relatividade, bem como da sua teoria.

Este conhecimento foi obtido através de leituras diversas (citadas na bibliografia), aprimorado através de seminários e reuniões semanais com o orientador, que fazia algumas considerações. Todas elas foram anotadas e seguidas, pois o desenvolvimento do trabalho se dá através dessas modificações e acertos.

O estudo não foi realizado em etapas distintas; a visão geral da história foi estabelecida conseguindo apontar os principais encadeamentos desta, concomitante ao estudo de apostilas e livros que tratavam à respeito da teoria da relatividade restrita.

Partiu-se então, de posse deste material, para a análise crítica dos 03 livros propostos no projeto (Tipler, Feynman, Mckelvey).

Todas elas fruto de discussões entre orientador e bolsista, sendo que o bolsista havia previamente feito a identificação do encadeamento lógico das idéias dos autores.

Acreditamos ser este encadeamento a chave para as duas análises a serem feitas (a relação com a história e a apresentação didática). A apresentação deste (segue abaixo) foi realizada através de um fluxograma tridimensional pois a visualização dos fatos e idéias propostas ficam mais nítidas e "manipuláveis".

Apontamentos sobre os Fluxogramas

Tipler

- Os pontos centrais deste fluxograma são os postulados, que através do relógio de luz, transformam os conceitos de espaço e tempo, donde resultam todas as deduções matemáticas;

- Falta de discussões quanto ao significado dos postulados(De onde surgiram ?);

- Apenas exposições de fatos, como a relação da Onda Mecânica com um dos meios que se propaga: o ar;

- O apêndice não foi retratado no fluxograma, pois é tido como um anexo, sem qualquer compromisso com a exposição do autor quanto a TRR.

Feynman

- Os postulados da TRR não são enunciados ou discutidos;
- O éter não se faz presente na discussão;
- A massa relativística é tida como solução do impasse, além de ocupar um lugar privilegiado no fluxograma, estando bem acima das discussões; e
- A partir da comparação entre este fluxograma e o do Mckelvey, percebemos que o mesmo questionamento quanto ao impasse entre o Princípio da Relatividade e as Leis de Maxwell através da aplicação das Transformações de Galileo é proposto.

Mckelvey

- O termo "intuição" aparece como ponto relacionado à Transformação de Galileo;
- O 2º postulado da TRR não possui qualquer tipo de explicação ou justificação;
- O erro na transformação de Galileo, tem como conseqüência a correção das Leis de Newton;
- O éter aparece como conseqüência, na medida em que, se este fosse tido como base, a sua não detecção não poderia entrar como uma contraposição do erro nas Leis de Maxwell, mas sim, como uma confirmação;
- A Transformação de Lorentz surge como solução, na condição de uma transformação galileana aprimorada.

Conclusão

Ao findar desta etapa do projeto, concluímos que dos três livros previamente analisados, apenas o Mckelvey e o Feynman, resgatam mais a parte histórica e se preocupam com os fatos aliados à didática.

O Tipler, no entanto apesar de apresentar um apêndice com conteúdo muito bom, não se preocupa sequer de apresentar qualquer justificativa para a apresentação da TRR. Mostra ainda um descaso quanto ao processo histórico, que cremos ser a chave para a didática deste assunto.

A apresentação da TRR em geral é falha principalmente no que diz respeito ao porquê dos fatos. A presença de dogmas de fé nos textos se apresentam constantemente em algumas questões cruciais no tratamento didático. E isto é prejudicial ao aprendizado, pois o aluno que não consegue compreender uma teoria de forma descomplicada e lógica, não substitui seus antigos conceitos pelos novos; principalmente no nosso caso em que novos conceitos como o de espaço e de tempo são apresentados.

Bibliografia

- Kuhn, T. S. (1987). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: editora Perspectiva, 1987.
- Andrade Martins, Roberto. "Galileo e o princípio da relatividade". *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* 9 (1986), pp. 69-86.
- Pietrocola de Oliveira, Maurício. "O éter luminoso como espaço absoluto". *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, Campinas, Série 3, janeiro-dezembro de 1993.
- Pietrocola De Oliveira, Maurício. "Fresnel o arrastamento parcial do éter: a influência do movimento da terra sobre a propagação da luz". *Caderno de ensino de Filosofia*, vol.10, nº2, p.157-172, agosto de 1993.
- Landau, L. D. & Rumer, IU. B.. "O que é a Teoria da Relatividade". Série de divulgação científica: "A Ciência ao Alcance de Todos". Editora MIR.
- Pietrocola De Oliveira, Maurício. "A extensão do princípio de relatividade à óptica". Seminário nacional de história da ciência, 1993. Caxambu.
- Villani, Alberto. "A visão eletromagnética e a relatividade: a gênese das teorias de lorentz e einstein". *Revista de ensino de física*, vol. 7, nº01, junho de 1995.
- Villani, Alberto. "A visão eletromagnética e a relatividade: o desenvolvimento das teorias de lorentz e einstein". *Revista de ensino de física*, vol. 7, nº02, dezembro de 1995.
- Einstein, Albert & Infeld, Leopold. "A evolução da física". Rio de Janeiro: editora Guanabara Koogan S.A., 1988.
- Feynman, Richard Phillips. "The Feynman lectures on physics mainly mechanics, radiation, and heat". vol. 1, Estados Unidos da América. Fondo Educativo Interamericano, S.A., 1971.
- Mckelvey, John P. & Grotch, Howard. "Física". São Paulo: editora Harper & Row do Brasil Ltda. 1981.
- Tipler, Paul A. "Física". Rio de Janeiro: editora Guanabara Dois S.A. 1984.
- Sers, Francis W. & Brelime, Robert W.. "Introduction to the Theory of Relativity". Editora Addison-Wesley Publishing Company.
- Silva Bindel, Andréa. "Relatividade Cinemática". Física 4, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 1987.

GRAF - FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM SERVIÇO

Anna Cecília Copelli¹,
Wilton da Silva Dias¹,
Yassuko Hosoume¹,
João Martins¹,
Luís Carlos Menezes¹
Suely Baldin Pelaes¹,
Jairo Alves Pereira²,
Luís Paulo de C Piassi¹
Isilda Sampaio Silva²,
Dorival Rodrigues Teixeira¹,
Carlos Toscano²

1 - GREF/IFUSP - SE/CENP, 2 - GREF/IFUSP - SE/CENP

(secgref@if.usp.br)

Desde sua criação em 1984, o GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) vem contribuindo com a melhoria do ensino de Física no segundo grau, em processos de formação em serviço, através do contato sistemático com professores desta disciplina na rede pública, de várias formas: realização de cursos, palestras, oficinas, encontros, dentre outras.

Desse contato, origina-se, geralmente, a formação de grupos de professores que, coordenados por membros da equipe do GREF, desenvolvem um trabalho mais aprofundado de reflexão sobre a prática de cada um em sala de aula, a partir dos problemas por eles enfrentados. Faz parte deste trabalho coletivo: o planejamento dos cursos dos referidos professores, a discussão dos materiais instrucionais elaborados pela equipe, a utilização dos referidos materiais em suas aulas e a elaboração de critérios para a construção de instrumentos de avaliação dos alunos.

Atualmente, a viabilização deste trabalho tem se dado com o apoio das instituições responsáveis pela coordenação das escolas (Delegacias de Ensino, Centro Estadual de Educação Tecnológica "Paula Souza", CENP, etc.) no que se refere ao estabelecimento de um espaço dentro da carga horária de trabalho do professor para que ele possa freqüentar os encontros, à disponibilidade de um espaço físico para os encontros quando necessário (em alguns casos os encontros ocorrem na própria sede do IFUSP) e, na maior parte dos casos, no reembolso de despesas de transporte e diárias (em alguns casos supridos pelas verbas do GREF). De parte do GREF, tem sido fornecido aos professores que estão implementando a proposta um mínimo de 50 exemplares do material escrito para uso dos alunos, que o professor pode utilizar em suas classes e permitir a reprodução por parte dos alunos. No trabalho conjunto com o Projeto Noturno da CENP, a própria CENP se encarregou de imprimir e fornecer o material a todos os alunos dos professores envolvidos no projeto.

Nos últimos anos, a equipe do GREF atuou junto a grupos de professores de várias partes do estado de São Paulo e em sua sede, no Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

Neste trabalho, apresentaremos o estudo inicial de um dos trabalhos do GREF na formação em serviço: professores de física do projeto Noturno da rede pública do estado de São Paulo

Um dos programas atualmente desenvolvidos na rede pública de S. Paulo pelo governo do estado é o projeto noturno. Em fase de implantação, esse projeto introduz na escola algumas modificações como por exemplo a possibilidade de transformar os cursos anuais em semestrais com carga didática dobrada. Em conseqüência, os alunos cursariam menor número de disciplinas por semestre.

A partir de maio de 1996, numa ação conjunta entre o GREF e a Secretaria da Educação, através da CENP (Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas) foram programados 6 encontros mensais com aproximadamente 65 professores das referidas escolas para conhecerem, discutirem, avaliarem e, a seu critério, implementarem a proposta de Mecânica do GREF em seus cursos. Esses encontros ocorreram no IFUSP e os professores, oriundos de escolas das mais diversas regiões do estado, tiveram dispensa das aulas nestes dias, ajuda de custo e passagem para o seu transporte até o local do encontro.

Tendo em vista buscar caracterizar a prática pedagógica destes professores, o conteúdo de Mecânica que eles vem ensinando aos seus alunos, os problemas por eles enfrentados e os resultados obtidos, e as alterações tanto de ordem metodológica como de conteúdo contidas na proposta do GREF, esse grupo foi investigado através de questionários elaborados especificamente para esse fim, ao longo do processo e ao final dele.

Foram investigados, por exemplo, os seguintes aspectos, em relação a possíveis mudanças na metodologia de trabalho do professor: tempo de preparação de aulas, leituras necessárias para o preparo das aulas, número de avaliações, variedade de instrumentos de avaliação, aulas expositivas, matéria "passada" na lousa, a presença de discussão/debate em sala de aula, exercícios resolvidos pelo professor em aula, exercícios resolvidos pelo aluno em aula, leitura em sala de aula pelos alunos, perguntas feitas pelos alunos em aula.

Os resultados preliminares deste levantamento apontam na direção de alguns objetivos propostos pelo GREF tais como valorização da leitura em sala de aula, a participação do aluno no processo de ensino-aprendizagem e a valorização pelo aluno do conhecimento veiculado pela disciplina.

A MECÂNICA DO GREF: UMA PROPOSTA PARA A SALA DE AULA*

Wilton da Silva Dias
Luís Paulo de Carvalho Piassi
Luís Carlos de Menezes
Yassuko Hosoume
GREF/IFUSP

Resumo

Em um quadro onde poucos professores de Física do 2º grau possuem formação específica nessa disciplina, o GREF tem desenvolvido textos e uma proposta de capacitação de professores que possa levar para a sala de aula uma Física voltada para a compreensão do universo vivencial dos alunos. Este painel apresenta objetivos e aspectos dos textos de Mecânica. Denominados "Leituras de Física", eles procuram se dirigir mais diretamente ao aluno e permitir ao professor uma capacitação de conteúdos e uma mudança de metodologia e de avaliação. São leituras curtas que procuram ser interessantes aos alunos e compostas de experiências, atividades práticas, exercícios e questões que objetivam fazer o aluno compreender as coisas que o cercam.

A proposta de Mecânica, utilizada atualmente por cerca de 200 professores, dimensionada para um ano letivo com 80 minutos de aulas semanais, enfatiza as Leis de Conservação e as leis de Newton, traz como novidade a parte de Astronomia, desenvolve a cinemática junto com a dinâmica e apresenta a estática aproveitando as questões e conceitos trabalhados na dinâmica. O curso se inicia pela discussão das leis de conservação da quantidade de movimento linear e angular (16 leituras), partindo de elementos como os sistemas de propulsão, os motores e os movimentos do corpo humano. Nas leis de Newton (15 leituras), enfatiza-se o estudo das diversas formas de interações entre os objetos em fenômenos como a aceleração de veículos, o vôo e o nado. A energia (8 leituras mais 4 leituras de estática e máquinas simples) é discutida a partir da análise da produção de movimentos e enfoca o uso prático da energia para se abordar os conceitos de potência, trabalho e outros. A astronomia procura trazer para a sala de aula, em 14 leituras, as principais questões acerca do espaço, analisadas com os instrumentos de Física desenvolvidos nas partes anteriores.

A Mecânica tem sido o tema de Física mais tratado nas salas de aula do 2º grau no ensino público. Por ser o primeiro assunto que se encontra nos livros didáticos e que mais se estuda nas faculdades de licenciatura, acaba tendo a ênfase do professor de 2º grau, que é em geral abordado nas duas primeiras séries do 2º grau, com ênfase para a Cinemática na primeira série e para os vetores e as Leis de Newton na segunda. Essa ênfase, porém, não parece ter levado os alunos a um

* Financiamento parcial - CAPES - PADCT - SPEC

domínio significativo do conhecimento da Mecânica. Alguns motivos, seriam a extrema matematização, negligência com os conceitos e leis gerais, a desvinculação do conteúdo com a realidade e a fragmentação do conteúdo, que mostra uma Mecânica "dividida" em uma cinemática, uma dinâmica e uma estática aparentemente estanques.

A proposta original do GREF, contemplada em seu livro "Física 1", dirigido ao professor, é mudar o foco da Mecânica para as Leis da Conservação, para a compreensão dos elementos vivenciais e para a articulação entre o formalismo matemático e a estrutura conceitual. As Leis de Conservação seriam a base para uma compreensão mais global, mais unificada da Mecânica e de toda a Física. Visava-se um professor da rede pública formado em Física e que, partindo do livro do professor e da assessoria sistemática do GREF fosse capaz de concretizá-la na sala de aula. E esse concretizar significava, trabalhar com a totalidade do conteúdo da Mecânica proposta no texto no prazo de um ano letivo e com resultados significativamente melhores em termos da compreensão do aluno e de sua participação no processo.

Porém, o professor de Física hoje, em geral, é um estudante de Matemática, Contabilidade e Engenharia, que assume aulas de Física eventualmente, e não pretende seguir carreira no magistério. Certamente, por melhor que seja este professor, não podemos assumir que ele seja capaz de fazer a ponte entre a proposta do livro do professor do GREF e a sala de aula.

Partimos para uma proposta que pudesse se dirigir de forma mais direta ao aluno, sem anular o papel do professor. Para o professor, deveria cobrir lacunas de formação, dar diretrizes claras para a concretização das aulas, alterar substancialmente a prática baseada na matéria passada em lousa e resolução de problemas. Para o aluno, deveria ser algo atraente em forma e conteúdo, realmente legível, que pudesse realmente trazer-lhe a vontade de ler, fazer e pensar sobre as coisas, usando a Física como instrumento.

Essas idéias acabam por trazer algumas novidades significativas na estrutura do conteúdo: a ênfase maior na discussão física dos elementos vivenciais, que acabou levando a um aprofundamento bem maior das leis de Newton; uma ordenação um pouco diferente foi estabelecida, que permitiu reservar um tempo e um espaço maior às leis de Newton e a introdução de um tema que suscita grande curiosidade por parte dos alunos: a Astronomia.

Com essas alterações a proposta de Mecânica ficou com a seguinte estrutura de conteúdo, com a previsão, em termos do planejamento bimestral (o material é projetado para menos de 60 aulas de 40 minutos):

Coisas que se deslocam	Conservação da
quantidade de movimento	
Coisas que giram	Rotações
Coisas que controlam movimentos	Leis de Newton
Coisas que produzem movimento	Conservação da energia

Coisas que mantêm o equilíbrio	Equilíbrio
Coisas que ampliam forças	Máquinas simples
Astronomia e Gravitação	

Na primeira parte, **“Coisas que se deslocam”**, após uma introdução ao estudo da Física (leituras 1 e 2), onde se caracteriza, junto com o aluno, o universo de estudo da Física e da Mecânica, e em seguida se desenvolve a discussão da lei de conservação da quantidade de movimento (leituras 3 a 10), partindo-se de uma investigação de como as coisas iniciam seu movimento, dos sistemas de propulsão, como as hélices, os jatos, etc. Nas **“Coisas que giram”** (leituras entre 11 e 16), utiliza-se boa parte das idéias discutidas na primeira parte para analisar os movimentos de rotações presentes em motores de aparelhos, em termos da conservação da quantidade de movimento angular. Quando se discute os movimentos de rotação do corpo humano em esportes, percebe-se a vinculação entre a quantidade de movimento angular e a distribuição da massa.

As leis de Newton e suas aplicações são desenvolvidas na parte de **“Coisas que controlam movimentos”**, (leituras de 17 a 31) onde procurou-se fornecer instrumentos para que o aluno pudesse abordar questões que surgem naturalmente, como “por que voa um avião?”, “o que faz um automóvel correr mais que outro?”, “o que é a gravidade?”. Foi preciso articular a apresentação das leis de Newton com as interações que observamos quotidianamente. O atrito, a resistência do ar, o empuxo, a gravidade, são abordados como diversas possibilidades de interação que obedecem as leis do movimento.

Nas **“Coisas que produzem movimento”**, (leituras 32 a 39) a energia é o foco das atenções. Motores, combustíveis, eletricidade, empurrões, vento, gravidade ... nestas coisas está presente a idéia de transformação de energia, que ao mesmo tempo que aponta para a conservação, direciona para questões colocadas pela prática social: “como medir o trabalho que uma máquina realiza?”, “o que é uma máquina potente?”, “como se pode obter energia?”, etc.. Trabalho, potência, energia potencial gravitacional, energia cinética e outros conceitos são desenvolvidos tendo em vista questões desta natureza. As duas partes que se seguem, **“Coisas que ampliam forças”** (leituras 40 e 41) e **“Coisas que mantêm o equilíbrio”** (leituras 42 e 43) pretendem ser um continuidade da linha de discussão que vinha sendo feita nas duas partes anteriores. “Coisas que ampliam forças” são as máquinas simples e compostas tão presentes em nosso dia-a-dia, cujo entendimento teórico é simples e já tem sua base desenvolvida nas três partes anteriores.

Finalmente, na parte de **Astronomia e Gravitação**, (leituras 44 a 57), trazemos um tema que é certamente dos que mais interessam os alunos. A respeito do Sol, da Lua, da gravidade da Terra e outras coisas, ao longo de todo o curso de Mecânica estas questões apareciam através de um pequeno exemplo e discussão, e os alunos sempre se mostravam interessados em aprofundar. Daí percebermos a necessidade de abrir um

espaço razoável para abordar tais temas. Procuramos, na medida do possível, adotar a mesma linha que o GREF já estabeleceu ao longo dos anos. Iniciamos com um levantamento das coisas que os alunos acreditam pertencerem, estarem ou existirem no “espaço”, fazendo a partir deste ponto uma classificação em termos de distância em relação a nós: “Coisas que só existem/estão: a) na atmosfera da Terra; b) em órbita da Terra; c) em órbita do Sol; d) em nossa galáxia; e) fora de nossa galáxia.”. Essa discussão inicia uma série de leituras onde procuramos abordar as principais questões sobre a Terra, a Lua, o Sol, os planetas e os demais astros de forma a utilizar os instrumentos de conhecimento adquiridos na parte de Mecânica e apontar para questões físicas vindouras nos próximos textos: Física Térmica, Óptica e Eletromagnetismo.

A cinemática foi distribuída ao longo de todas estas partes, sendo seus conceitos e fórmulas desenvolvidos conforme apareciam as oportunidades em cada um dos tópicos.

ELETROMAGNETISMO-GREF: NOVAS FORMAS E CONTEÚDOS

Yassuko Hosoume
Carlos Toscano
João Martins

Resumo

O presente trabalho apresenta algumas características do livro-texto destinados a alunos do segundo grau da proposta do GREF para o ensino do Eletromagnetismo: traz uma abordagem da Física em que comparecem o seu caráter prático e transformador e o teórico e universalista. Em estágio avançado de elaboração, serão apresentados, o índice geral de assuntos, a estruturação dos conteúdos e serão mostrados alguns exemplares desse novo material.

O índice é organizado a partir de 6 temas: A) Eletricidade: presença e entendimento; B) Resistência, tensão e corrente; C) Ímãs e motores elétricos; D) Geradores e outros dispositivos; E) Som, imagem e comunicação; F) Informação e micro-eletrônica. Cada um destes temas, é constituído de um conjunto de tópicos ou sub-temas, que embora guardem relação entre si e se complementem, têm, cada um, objetivos instrucionais específicos. Esse conjunto de sub-temas ou tópicos, são concebidos para orientarem o trabalho dos alunos em sala de aula; isto é, para ler, fazer e pensar, sendo por esse motivos denominados de **leituras**. A título de exemplo, serão apresentadas algumas destas leituras, em alguns temas.

Com relação ao conteúdo de Física a ser ensinado são discutidos os conceitos básicos compreendidos pelo eletromagnetismo clássico, ao nível macroscópico e microscópico, além da abordagem da condução elétrica tomando por base conceitos da física moderna, para o entendimento do comportamento dos materiais semicondutores presentes nos aparelhos eletrônicos.

Informática; Som, imagem e comunicação; Motores elétricos; Aparelhos resistivos; *não necessariamente nesta mesma ordem*, constituem os temas de estudo do **Eletromagnetismo** para o 2º grau, na proposta elaborada pelo **GREF** (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física); ação conjunta de professores do 2º grau e docentes do Instituto de Física da USP.

A atualidade bem com a enorme presença na vida social dos elementos que podem compor cada um dos referidos temas, por si só, já justificam a sua inclusão num curso de física que busca dar ao futuro cidadão além de uma visão geral desta ciência, também auxiliá-lo a compreender princípios básicos envolvidos no funcionamento dos aparelhos e instrumentos com os quais convive no dia-a-dia.

O texto de ensino do Eletromagnetismo é constituído de 6 grandes temas:

A. Eletricidade: presença e entendimento
B. Resistência, tensão e corrente
C. Ímãs e motores elétricos
D. Geradores e outros dispositivos
E. Som, imagem e comunicação
F. Informação e micro-eletrônica

Cada um destes temas é composto de várias lições ou leituras. Em conjunto elas constituem blocos articulados, mas cada uma das leituras têm objetivos específicos de ensino e aprendizado, sendo concebidas como começo, meio e fim. Ao final de que cada tema, acompanha uma leitura constituída de exercícios que envolvem todo o conteúdo desenvolvido no respectivo tema.

A estruturação das leituras segue um padrão previamente concebido : introdução inicial ao assunto específico, atividade experimental, texto informativo-conceitual básico; exercícios de fixação de conceitos, pequenos textos com informações adicionais e também atividades experimentais complementares.

No que se refere ao conteúdo de Física, o primeiro tema **Eletricidade: presença e entendimento** (leituras de 1 a 6) trata do levantamento dos objetos que compõem o universo de vivência dos alunos e a construção do plano de curso; a identificação dos componentes básicos dos circuitos elétricos e dos processos mais importantes nas quais a eletricidade está envolvida; um mapeamento das grandezas elétricas mais comuns que se encontram presentes nos aparelho mais usados e uma análise sobre o custo e o consumo da energia elétrica.

No segundo tema **Resistência, tensão e corrente**, que compreende as leituras de 7 a 13, é feito um estudo dos aparelhos elétricos resistivos e dos circuitos. Através da análise de como são construídos tais aparelhos e do seu princípio de funcionamento, são discutidos a potência, a resistência elétrica e a corrente, numa abordagem macroscópica e estabelecida a relação entre as grandezas.

No tema **Ímãs e Motores elétricos** (leituras de 14 a 19) são discutidos, a partir da análise do motor de um liquidificador, campainhas e medidores elétricos com ponteiros, os conceitos de força magnética, campo magnético, modelo de Ampère para o ímã, além de duas leis gerais do eletromagnetismo: "não existe monopólo magnético" e "corrente elétrica cria campo magnético".

Em **Geradores e outros dispositivos**, o quarto tema, composto pelas leituras de 20 a 29, são discutidos as duas maneiras de se produzir corrente elétrica: através da variação do campo magnético (leis de Faraday-Lenz) e através da separação ou acúmulo de cargas elétricas (Lei de Coulomb). Para tanto são utilizados o dínamo de bicicleta, como representante do gerador das usinas, os transformadores, a construção de

pilhas e acumuladores de cargas. Além disso, nesse bloco também é discutido o modelo microscópico da corrente elétrica e alguns aspectos do conceito físico de campo são abordados, através de uma análise comparativa entre o campo gravitacional e elétrico, e a importância de cada um na caracterização do mundo que nos cerca.

No quinto tema **Som, imagem e comunicação** (leituras de 30 a 37) são discutidos os processos físicos envolvidos na comunicação por telefone, rádio e TV (incluindo-se a emissão e a recepção). Aqui também aparecem o estudo do campo eletromagnético além do estudo das demais radiações que forma o espectro e também o estudo da radioatividade e de seus efeitos.

Finalmente, no tema **Informação e micro-eletrônica**, leituras de 38 a 43, são estudados os processos envolvidos nas diferentes maneiras de se guardar informação com o uso de fitas magnéticas e discos e também o processo de sua recuperação. Através do uso dos materiais semicondutores nos aparelhos eletrônicos e de seu comportamento quanto à condução de eletricidade discutimos o princípio de funcionamento dos micros computadores e as redes de comunicação.

DESENVOLVIMENTO DE "SOFTWARES" PARA O ENSINO DE FÍSICA BÁSICA

J. M. Póvoa, D. Garcia, D. Fontolan, H. T. da Silva, J. R. Alves. (*djpo@power.ufscar.br*)
Departamento de Física - Universidade Federal de São Carlos
Via Washington Luiz, Km 235, C.P.676 - 13565-905 - SP - Brasil

Introdução

Mundialmente, "softwares" de diversas áreas do conhecimento estão sendo desenvolvidos para os diferentes níveis de ensino^(1,2).

Mas por que desenvolver "softwares"? Estudos realizados nos EUA mostraram que metade do volume de conhecimento que um ser humano adquire em um determinado período, é através de imagens. Por meio de comunicação e por leitura de livros, ou materiais impressos, os índices caem para 15 e 10% respectivamente⁽³⁾. Neste caso torna-se evidente, que deve-se aproveitar recursos audiovisuais como forma de aprendizagem. A utilização de microcomputadores e de softwares apropriados permite que o aluno estude de acordo com seu próprio interesse, no seu ritmo individual. Seria um tipo de aprendizado "just-in-time"⁽⁴⁾. Além dessa vantagem o estudante pode intervir nas simulações utilizando recurso audiovisual interativo, com possibilidade de utilizar um "feedback" às suas intervenções⁽⁵⁾.

A utilização da tecnologia, por si só, não aumenta o desempenho do aluno, mas pode auxiliar no processo ensino/aprendizagem se o aluno assim o quiser. Caso contrário tais equipamentos, no caso o computador, tornam-se apenas instrumentos supérfluos. Outro cuidado que se deve ter é de não querer simplesmente descarregar no aluno informações através do computador.

O uso do computador e do processo de informação eletrônica está criando uma revolução no ensino. Avaliadores educacionais acreditam que professores, prédios escolares e toda a atual administração escolar passem a ser obsoletos e substituídos por softwares de educação e treinamento e por um novo tipo de educador, "o professor interativo"^(6,7).

No Brasil, os programas encontrados, principalmente educacionais, ainda são escassos e com desenvolvimento limitado, mesmo a nível de 3º grau. Contudo a compra de "pacotes" instrucionais não necessariamente resolveriam o problema, tendo em vista as particularidades locais⁽⁸⁾, tornando necessário o investimento nesta área.

É intenção, dentre outras, do Laboratório de Apoio ao Ensino da Física do Departamento de Física da UFSCar (LAEF/DF/UFSCar) desenvolver programas computacionais que abordem conceitos físicos e que possam ser utilizados tanto nas disciplinas básicas da universidade, como no 2º grau.

São apresentados, neste trabalho programas que abordam alguns conceitos de: Mecânica Clássica, Termodinâmica e Eletrostática.

Apresentação dos "Softwares"

Mecânica - (movimento balístico)

Esse programa estuda o movimento de um projétil, com e sem resistência do ar do tipo $F_{res} = -bv$, dividido basicamente em duas partes. A primeira parte contém um texto explicativo do que é o movimento balístico, com as deduções das fórmulas utilizadas pelo programa, além de algumas figuras de ilustração. A segunda parte simula o problema. Inicialmente, para que ocorra a simulação, o usuário deverá entrar, via teclado, com os dados iniciais do problema que são velocidade inicial, altura inicial, aceleração gravitacional, ângulo de lançamento e o coeficiente resistivo b (que pode ser considerado $=0$ ou >0) (figura 1).

A simulação, logo no início, apresenta a representação gráfica das componentes x e y dos vetores deslocamento, velocidade e aceleração (figura 2), e em seguida é apresentado esquematicamente a trajetória do projétil, com as indicações do vetor deslocamento e de suas componentes (figura 3). Na parte final da simulação descreve novamente a trajetória do projétil, com o vetor velocidade e suas componentes x e y em determinados instantes. (figura 4). Em determinados pontos da trajetória, o movimento do corpo é "congelado" e é apresentado o módulo do vetor velocidade e de suas componentes. Finalmente alguns resultados mais importantes são apresentados (figura 5).

Movimento Balístico

Aula Problema

Entrada de dados

Dados Iniciais
no SI (m,s,Kg)

Velocidade inicial (V0) 100

Altura Inicial (Y0) 20

Angulo de lançamento (°) 60

Aceleração gravitacional (g) 9.81

b (Casos com atrito) 0.3

TAB para mudar para o proximo campo

OK Cancela

F - PARA FRENTE

Figura 1 - Tela de entrada de dados para a resolução do problema.

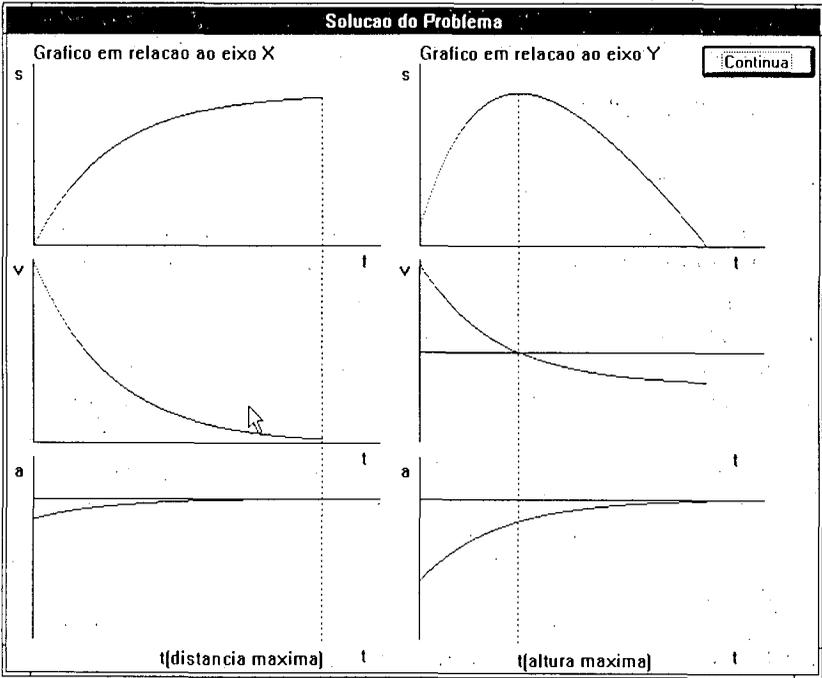


Figura 2 - Gráficos das componentes x e y dos vetores deslocamento, velocidade e aceleração em função do tempo.

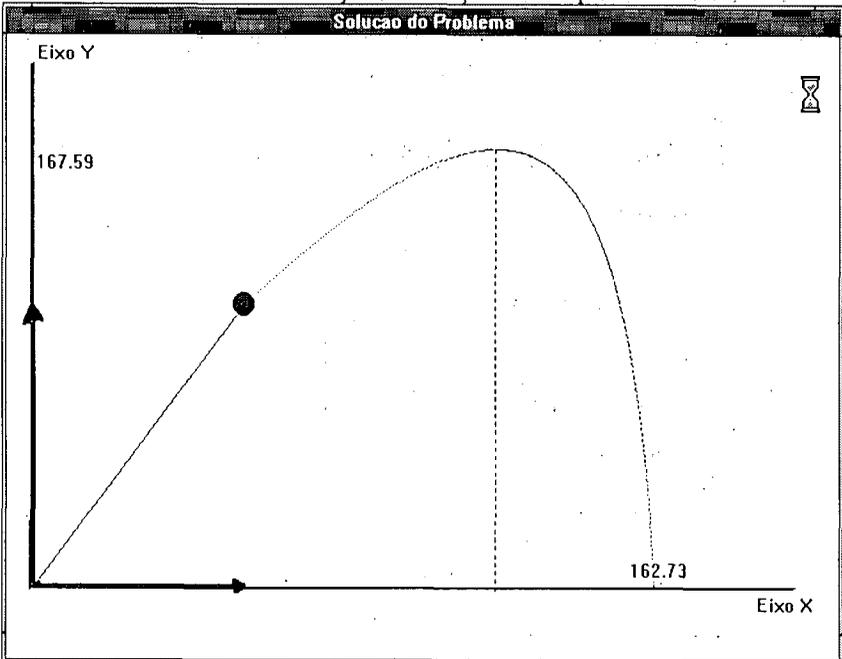


Figura 3 - Simulação da trajetória do projétil com a representação do vetor deslocamento e suas componentes x e y.

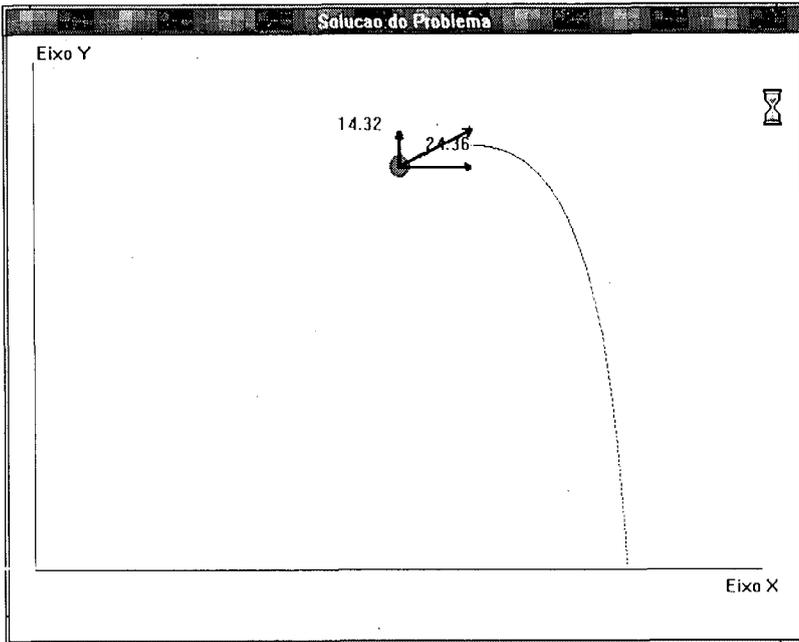


Figura 4 - Simulação da trajetória do projétil, com a representação do vetor velocidade e suas componentes x e y

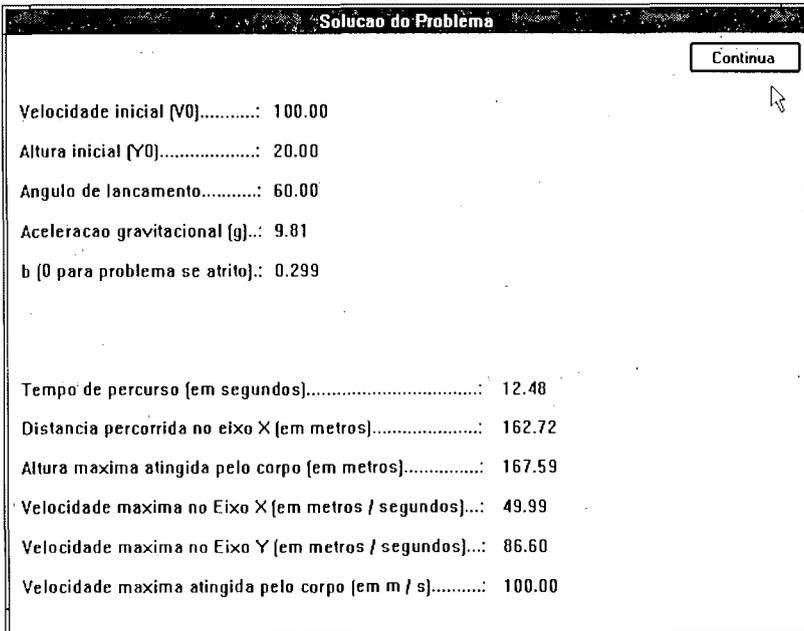


Figura 5 - Tela de apresentação dos resultados finais para o problema específico de movimento balístico, cujos dados de entrada são os indicados na fig. 1

Este programa foi desenvolvido utilizando-se linguagem C++. A plataforma de utilização desse software é o Windows 3.1. Atualmente esse programa tem aproximadamente 2200 linhas de código. Testes realizados mostram que é necessário um micro compatível com o IBM 386 com 4Mb de memória RAM, porém para que a simulação não fique comprometida (lentidão no processo), é aconselhável no mínimo um microcomputador 486DX2/66MHz, com 8Mb de memória RAM.

Termodinâmica (calorimetria)

É um dos objetivos desse programa basicamente calcular a temperatura de equilíbrio ou massa de gelo que derrete ou massa de água que congela, para um sistema constituído de água, gelo em um calorímetro adiabático, aleatoriamente o programa procurado uma das hipóteses:

água + gelo \rightarrow água + gelo e a temperatura final de equilíbrio é igual a 0°C , onde parte M_x (em gramas) do gelo fundiu.

água + gelo \rightarrow água +gelo e a temperatura final de equilíbrio é igual a 0°C , onde parte M_x (em gramas) de água solidificou.

água + gelo \rightarrow água e a temperatura final de equilíbrio é $\geq 0^{\circ}\text{C}$, onde todo o gelo fundiu.

água + gelo \rightarrow gelo e temperatura final de equilíbrio $\leq 0^{\circ}\text{C}$, onde toda a água solidificou.

Na tela mostrada na figura 6 é feita a entrada dos dados, após essa etapa o programa inicia resolvendo uma das hipóteses. Quando a hipótese não for satisfeita como no caso mostrado na figura 7, o programa resolve outra das hipóteses, até que a hipótese correta seja encontrada, representada na figura 8, análogamente ao que seria feito pelo estudante ao resolver um problema desse tipo.

Após a obrteção dos resultados corretos, mostrados neste caso na figura 8, a variação da entropia sofrida pelo sistema também pode ser encontrada como indicado na figura 9.

Vale ressaltar que o esboço apresentado na figura 8 - gráfico da temperatura em função do tempo - não representa a realidade, isto é, a temperatura pode não variar linearmente com o tempo. Tal representação serve apenas para indicar o comportamento da temperatura.

Outra possibilidade do programa é o de encontrar uma das variáveis em um problema de calorimetria quando não ocorre mudança de fase.

Problemas de Calorimetria com Mudança de Fase

Opções

Massas (g) e Temperaturas (°C)	
Massa de Água (g)	300 g
Temperatura da Água (°C)	80 °C
Massa de Gelo (g)	200 g
Temperatura do Gelo (°C)	-20 °C
Capacidade Térmica	400 cal/°C
Temp. do Calorímetro (°C)	30 °C

Calor Específico e Calor Latente	
C (água)	1 cal/(g*°C)
C (gelo)	.5 cal/(g*°C)
L (gelo)	80 cal/g

Temperatura Final:

Voltar

Suponha o Calorímetro ideal, ou seja, com paredes adiabáticas onde não existe perda de Energia para o meio exterior.

Neste Sistema, a pressão atmosférica é de 760 mmHg e a Água não passa do estado Líquido para o estado Gasoso.



Figura 6 - Tela de entrada de dados para a resolução de problema com valores específicos para o sistema água +gelo +calorímetro adiabático.

Verificação da hipótese de temperatura final igual a zero

Temperatura do gelo Menor que zero.
HIPÓTESE - Água Congela e Tf = 0.

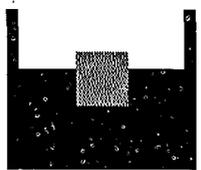
Verificar se a Massa de Água Congelada está entre Zero(0 g) e a Massa Inicial da Água(300g)

Para se encontrar a solução deste sistema, fez-se que a soma das Quantidades de Calor para cada componente do sistema deveria ser igual a Zero, condição para que o Calorímetro seja ideal.

Assim, com a equação desenvolvida e os valores substituídos, pode-se chegar ao valor procurado nesta hipótese para validá-la ou não.

A Massa de Água Congelada não estava entre 0(zero) e 300g.

Continuar



$$\Delta Q_a + \Delta Q_g + \Delta Q_k = 0$$

$$M_a * C_a * (0 - T_{ia}) + M_x * (-L) + M_g * C_g * (0 - T_{ig}) + K * (0 - T_{ik}) = 0$$

$$300 * 1 * (0 - 80) + M_x * (-80) + 200 * .5 * (0 - (-20)) + 400 * (0 - 30) = 0$$

Água Congelada(Mx) = -425 g ->
Hipótese Inválida.

Figura 7 - Representação do teste para uma hipótese (água +gelo +calorímetro) e temperatura final do sistema igual a zero. Neste caso a hipótese é invalida pelo resultado com valor absurdo (massa da água congelada negativa Mx= - 425g).

Problemas de Calorimetria com Mudança de Fase

Temperatura do gelo Menor que zero.
HIPÓTESE - Todo Gelo Derrete.

Verificar se a Temperatura Final está entre a Temperatura Inicial do Gelo (-20°C) e a Temperatura Inicial da Água (80°C)

Gráfico da Temperatura (°C) em função do Tempo.

Voltar

$$\Delta Q_r + \Delta Q_g + \Delta Q_k = 0$$

$$M_a \cdot C_a \cdot (T_f - T_{ia}) + M_g \cdot C_g \cdot (0 - T_{ig}) + M_g \cdot L + M_g \cdot C_a \cdot (T_f - 0) + K \cdot$$

$$300 \cdot 1 \cdot (T_f - 80) + 200 \cdot 5 \cdot (0 - (-20)) + 200 \cdot 80 + 200 \cdot 1 \cdot (T_f - 0) + 400 \cdot (T_f - 30) = 0$$

Tf = 20 °C → Hipótese Verificada.

Temperatura Final(Tf) = 20 °C

Figura 8 - A hipótese válida para os parâmetros de entrada (figura 1): todo o gelo derrete e a temperatura final encontrada foi de 20°C. Neste caso a tela indica um gráfico esquemático da temperatura em função do tempo.

Problemas de Calorimetria com Mudança de Fase

Cálculo da Variação de Entropia do Sistema

Temperatura Inicial do Gelo era menor que Zero e Toda Massa de Gelo Derreteu.

Temperatura Final = 20 + 273 K.

Considerando-se o sistema irreversível, ou seja, ele não pode ser realizado no sentido inverso, tem-se a seguinte equação:

Desenvolvimento da Integral acima para todas as variações de Entropia.

Substituição dos valores das variáveis encontradas.

$$\Delta S_T = \Delta S_a + \Delta S_g + \Delta S_k \Rightarrow \int_{T_i}^{T_f} \frac{\Delta Q}{T} dT$$

$$M_g \cdot C_g \cdot \ln(273 / (T_{ig} + 273)) + M_g \cdot L / 273 + M_g \cdot C_a \cdot \ln(T_f / 273) + M_a \cdot C_a \cdot \ln(T_f / (T_{ia} + 273)) + K \cdot \ln(T_f / (T_{ik} + 273))$$

$$200 \cdot 5 \cdot \ln(273 / 253) + 200 \cdot 80 / 273 + 200 \cdot 1 \cdot \ln(293 / 273) + 300 \cdot 1 \cdot \ln(293 / 353) + 400 \cdot \ln(293 / 303)$$

Voltar

CONTINUAR

$$\Delta S_T = 11,044 \text{ cal / K}$$

Figura 9 - Após a obtenção dos resultados pela validação da hipótese, o programa apresenta, se o programa apresenta o calculo da variação da entropia do sistema.

O programa apresenta cálculos intermediários e só segue adiante após o usuário/aluno pressionar a tecla <Enter>. Isso faz com que o

usuário/aluno seja obrigado a acompanhar o problema para só depois obter a resposta. O programa sempre passa por todas as etapas contendo textos, equações e gráficos antes de apresentar o resultado final.

Eletrostática (curvas de potencial elétrico)

Os estudantes das disciplinas de eletricidade e magnetismo apresentam dificuldades de assimilar corretamente os conceitos de potencial elétrico e campo elétrico e também de visualizar superfícies equipotenciais⁽⁹⁾.

Neste programa a solução de problemas sobre eletrostática é proposta de tal maneira que se permite visualizar regiões equipotenciais para diferentes configurações de cargas. O aluno/usuário pode observar, por exemplo, que a densidade de linhas equipotenciais é função tanto da intensidade das cargas, quanto da distância dessas cargas ao ponto observado. É possível também variar o valor das cargas, sinal das cargas e o intervalo entre as equipotenciais mostradas. A simulação, acompanhada de um breve texto explicativo, pode ser realizada para uma carga puntiforme (figura 10) ou para duas cargas de mesmo sinal ou de sinais contrários.(figuras 11 e 12 respectivamente). A visualização de curvas equipotenciais não triviais, como nos casos de cargas diferentes das figuras 11 e 12, passa a ser possível com a simulação.

Algumas das considerações técnicas sobre este programa são: a linguagem de programação utilizada foi o C (Borland C 5.0, versão DOS) com recursos gráficos. Assim como no caso de Movimento balístico pode ser utilizado um microcomputador do tipo 386, mas é aconselhável o uso de máquinas do tipo IBM 486 para maior rapidez de execução.

Com esse programa pode ser discutido tanto conceitos de campo elétrico quanto de potencial elétrico, além da possibilidade de associar conceitos de curvas equipotenciais com curvas de nível discutido por exemplo em Engenharia Civil.

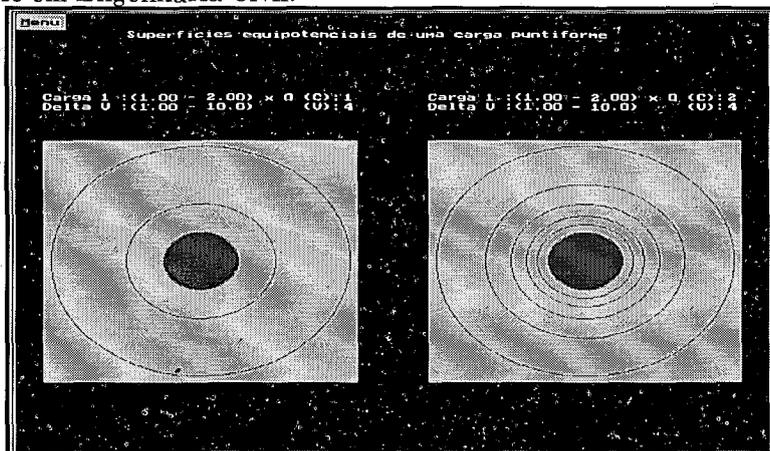


Figura 10 - Curvas equipotenciais de cargas puntiformes isoladas.

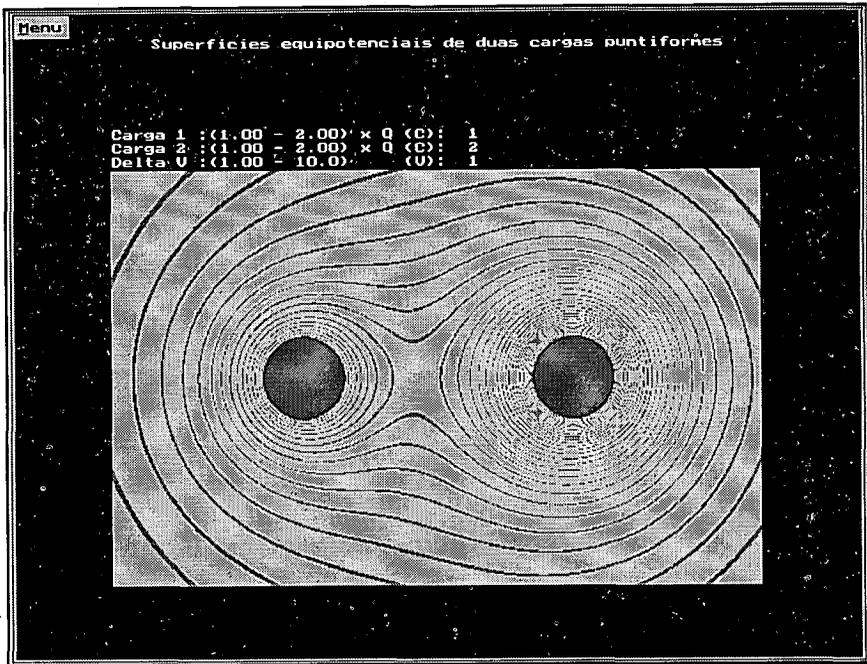


Figura 11 - Curvas equipotenciais para duas cargas diferentes com sinais iguais.

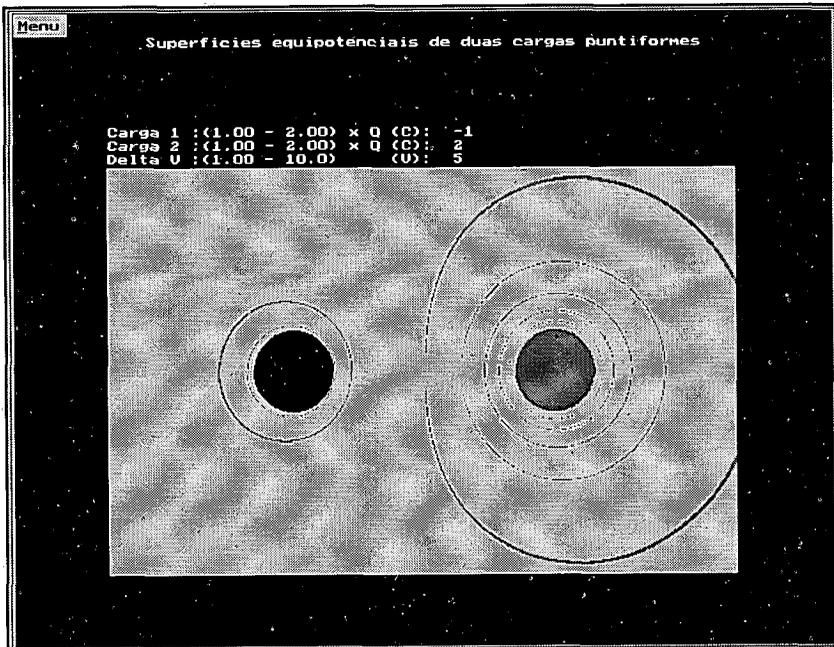


Figura 12 - Curvas equipotenciais para duas cargas diferentes com sinais opostos.

Conclusões

Os resultados obtidos até o momento são animadores e esperamos em um futuro próximo integrar todos os softwares desenvolvidos em um único pacote, com a finalidade de melhorar a relação ensino/aprendizagem de física, tanto nas disciplinas básicas de física das universidades como nas de física do 2º grau.

Referências

- 1-F. Goldberg and S. Bendall - " Making the invisible visible : A Teaching/learning environment that builds on a new of the physics learner"- Am. J. Phys. **63** (11) 978-991, 1995
- 2- E. Kashy et al. - "Conceptual question in computer-assisted assignments "Am. J. Phys. **63** (11) 1000-1005, 1995
- 3 - "Computador, o micro chega às escolas", Revista Veja Especial , Dezembro 1995
- 4 - R. Schank - "Aula saindo do Micro" - Revista Exame - 9 de Outubro de 1996
- 5- C. P. C. Marques, M. I. L. Mattos e Y. De la Taille - "Computador e Ensino uma aplicação à língua portuguesa" - Editora Ática 1986.
- 6- V. Mirshawka - "Reinventando a educação" - Qualimetria , **64**, 78, 1996
- 7- F. B.Ximenes- "A revolução da Geração Internet" - Revista Informática -Exame, **131**, 21, 1997
- 8-Maria C. L. F. Amaral - "O computador no processo ensino - aprendizagem" - Tecnologia Educacional **13** (61) 50 , 1984
- 9 - M. E. Dominguez - "Significado atribuído aos conceitos de campo elétrico e potencial elétrico por estudantes de física geral" - Revista de Ensino de Física, **10**, 1988

CHERNOBYL E HIROXIMA: LIÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE UMA CONSCIÊNCIA SOBRE A QUESTÃO NUCLEAR

Ozimar Silva Pereira⁴⁴

Colégio Pio XII, R. Colégio XII, 233 - 05657-140 - São Paulo - SP - Brasil

Resumo

Em 1995, 50 anos após a detonação da primeira bomba atômica e de seu primeiro uso em alvo humano, na cidade de Hiroxima, incluímos algumas atividades sobre o tema para 100 alunos da 1a. série do 2o. grau no Colégio Pio XII na disciplina de física. Em 1996, 10 anos após o acidente na Usina Nuclear de Chernobyl, na ex-República Socialista Soviética da Ucrânia, as disciplinas de Biologia, Química, Redação e Física planejaram, em conjunto, uma proposta para o estudo da radioatividade, da energia nuclear, das suas diversas aplicações e a relação com o acidente de Chernobyl. As disciplinas desenvolveram diferentes atividades em suas aulas e o trabalho foi concluído com a apresentação de textos em linguagem jornalística em que os alunos, orientados na disciplina de Redação, relatam o acontecimento em "primeira mão", destacando os fatos ocorridos, causas e conseqüências. Neste painel, descreveremos e analisaremos essa proposta e discutiremos a sua viabilidade para a formação de uma consciência sobre a questão nuclear.

Introdução

"Todas as pesquisas acarretam algum elemento de risco. Não há garantias de que o universo se conforme a nossas predisposições. Mas não vejo como poderíamos lidar com o universo - tanto o externo como o interno - sem estudá-lo. O melhor meio de evitar abusos e incompreensões da parte a parte é tornar o povo cientificamente informado a fim de que que compreenda as implicações de tais investigações. Em troca de liberdade de pesquisar, os cientistas são obrigados a explicar seu trabalho. Se a ciência for considerada um sacerdócio fechado, demasiado difícil e misterioso para a compreensão de uma pessoa de cultura mediana, o perigo do desentendimento será maior. Se a ciência, porém, for um tópico de interesse e consideração geral, se seus encantos e conseqüências sociais forem discutidas com competência e regularidade nas escolas, na imprensa e à mesa de jantar, teremos aumentado as possibilidades de aprender como o mundo realmente é, para melhorarmos a ambos, a nós e a ele."

Carl Sagan, em Romance da Ciência

⁴⁴ Participaram na elaboração e realização do projeto os professores M.D.Rosa, V. Moretti e C. Negretti.

O currículo dos cursos de física de 2o. grau brasileiros concentra-se na física clássica, apesar de vários livros didáticos - antigos ou novos - incluírem capítulos ou tópicos sobre física moderna e contemporânea.

Fernando de Azevedo, na primeira metade do nosso século, já criticava o nosso ensino de ciências (e o de física - automaticamente), classificando-o como *quase exclusivamente literário, livresco e retórico ...desde que aqui se implantou desde a Colônia até os fins do Império, por razões econômicas*⁴⁵.

Apesar dos diversos projetos desenvolvidos após a 2a. Guerra Mundial para a melhoria do ensino de física - o PSSC⁴⁶(adap. brasileira do projeto americano), o Projeto de Ensino de Física - PEF (IFUSP/FENAME), o PBEF (Projeto Brasileiro de Ensino de Física - IFUSP), o Projeto Piloto para o Ensino de Física da UNESCO, o Física Auto-Instrutiva (FAI-Editora Saraiva/IFUSP/GETEF), GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino da Física, nenhum deles deu uma atenção especial à questão nuclear, salvo o PSSC e o PEF em que foram dedicados capítulos ou tópicos para a física nuclear. Contudo, nenhum discutiu os seus aspectos tecnológicos, econômicos, ambientais e sociais.

Na década de 60, em função da Guerra do Vietnã, dos crescentes problemas ambientais e da corrida armamentista, começou-se a discutir mais intensamente a relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade e seu papel no desenvolvimento do currículo dos cursos de ciências em todos os níveis.

Essas discussões geraram uma nova abordagem para o ensino de física, a partir do final da década de 70, desencadeando uma série de projetos pilotos na década seguinte em todo o mundo. Essa nova abordagem recebeu o nome de abordagem *Ciência, Tecnologia e Sociedade*, ou, resumidamente, abordagem *CTS*.

Como resultado disso, vários projetos foram desenvolvidos em universidades, especialmente nos Estados Unidos, no Reino Unido e na Holanda. Um pouco mais tarde, pesquisadores desses países e educadores do curso secundário começaram a desenvolver experiências nas escolas.

Mesmo assim, ainda hoje, há poucos projetos em que aqueles aspectos - os quais passaremos a chamar de *Questão Nuclear* - foram incluídos. Entre os projetos que discutem a questão nuclear, podemos citar alguns interessantes.

Na Holanda, em 1972, um grupo de pesquisadores em ensino de física da Universidade de Utrecht, criou o **Projeto de Desenvolvimento do Currículo de Física da Holanda - PLON** que incluiu a radioatividade e as radiações ionizantes, discutindo os aspectos sócio-econômicos envolvidos no tema.⁴⁷

45Fernando de Azevedo, A cultura brasileira, p. 396.

46 PSSC - Physical Science Study Committee, 1976.Física (Edart, São Paulo, 8a. edição, coleção em 4 volumes).

47Hendrik Eijkelhof, Radiation and risk in physics education, pp. 1-9.

Mikelskis e Lauterbach, no final da década de 70, desenvolveram uma unidade sobre energia nuclear para o ensino de física nas últimas séries do curso secundário das escolas da então República Federal da Alemanha.

Em 1981, Eijkelhof, Boeker, Raat e Wijnbeek escreveram um livro chamado Física na Sociedade para ser utilizado como unidade opcional nas séries pré-universitárias das escolas holandesas.

Em Israel, Miky Ronen e Uri Ganiel, do Departamento de Ensino de Ciências do Instituto de Ciências Weizmann, em Rehovot, desenvolveram uma proposta para a introdução do tópico "radiação ionizante e seus efeitos biológicos" (RONEN & GANIEL, 1988).

O componente central dessa proposta é um jogo no qual os alunos comparam suas próprias estimativas de níveis de exposição à radiação em várias situações, antes e após o estudo do tópico em sala de aula, com o objetivo de encorajar os alunos a adotar uma postura crítica baseada em informações seguras, ao invés de impressões infundadas, frente a situações em que as radiações ionizantes estejam envolvidas. Além desse projeto, os pesquisadores desenvolveram uma proposta para o ensino de física médica, estabelecendo uma relação entre as radiações e seu papel na diagnose médica.⁴⁸

Na Itália, Anna Maria Conforto, professora de física da Universidade La Sapienza de Roma, coordenou um projeto com físicos e biólogos da sua universidade e também de outros centros de pesquisa, juntamente com professores secundários, que tem como finalidade educar os alunos das escolas secundárias italianas para discutir o uso da energia nuclear, tanto com fins pacíficos como militares, e seus riscos para a saúde da população (CONFORTO, 1989).

Hendrik Eijkelhof, Koos Kortland e Frans van der Loo, professores secundários de física, ao coordenarem o Projeto PLON na Universidade de Utrecht, na Holanda, incluíram um tópico chamado "ARMAS NUCLEARES", com caráter opcional para os professores que tivessem tempo, interesse ou liberdade para discutir tema tão polêmico em sala de aula, dentro da unidade RADIAÇÕES IONIZANTES (EIJKELHOF, 1988).

Nosso projeto procura preencher esta lacuna na educação brasileira, e, particularmente no ensino da física.

Cronologia da Proposta

Em 1981, ainda, estudante do 2o. grau, ao participar de um Ciclo de Debates sobre o Programa Nuclear Brasileiro, constatei a grande diferença entre a física ensinada e a física real. As discussões mostraram-me o lado fascinante da física e suas relações com a tecnologia, a política,

48 Miky Ronen e Uri Ganiel, Physics in medical diagnosis - an optional unit for high schools.

PHYSICS EDUCATION, 1984, Vol. 19, pp. 288-291.

a economia e a sociedade e a alienação dos cursos secundários de física, que ignoravam - e continuam ignorando! - aqueles temas nas suas aulas, como se a física fosse exclusivamente uma coleção de princípios e leis.

Ali, começou meu interesse pela física moderna e contemporânea e pelas suas conexões com o mundo real. Iniciando-me no magistério do 2o. grau em 1986 - aluno de graduação no IFUSP na época - preocupei-me em incluir tópicos relacionados à física moderna e contemporânea, particularmente, energia nuclear, radioatividade e astronomia.⁴⁹

Em 1986, quando da máxima aproximação do cometa Halley da Terra - este despertou muito o interesse dos alunos por temas diferentes do conteúdo convencional. Assim, encerradas as atividades relacionadas com a passagem do cometa, ao discutirmos os aspectos conceituais e fenomenológicos do tópico ENERGIA do programa curricular, nas 2as. séries, introduzimos o tema física nuclear.

Apresentamos sua relação com as outras forças e formas de energia e sua relação com o desenvolvimento da física, particularmente neste século, destacando o seu avanço no pós-guerra e suas conseqüências sociais, políticas, tecnológicas e econômicas.

Devido ao reduzido número de aulas, solicitamos a leitura para casa de *O que é Energia Nuclear* de José Goldemberg (Editora Brasiliense, Coleção Primeiros Passos, SP) e *Qual é a Questão do Inverno Nuclear*, do mesmo autor e editora, que foi avaliado através de questionário de leitura e de debate em sala de aula (PEREIRA, 1987). A ocorrência do acidente de Chernobyl em abril daquele ano fortaleceu a inclusão do tema no programa, enriquecendo-o significativamente com o grande número de artigos que saíram nos jornais e revistas da época (OKUNO, 1988).

Em 1987, na EEPSP João Ramalho, aprofundamos o projeto, planejando um curso sobre energia nuclear que servisse tanto para professores de ciências como estudantes de 1o. e 2o. graus, com ampla bibliografia sobre a história da energia nuclear, suas teorias e aplicações e produzindo um audiovisual sobre o tema (transparências e slides), cobrindo os principais assuntos envolvidos - história do átomo, história da física nuclear, radiações, energia nuclear, aplicações civis e militares da física nuclear (agricultura, arte, engenharia, medicina, pesquisa, produção de energia elétrica, armas).

Coincidentemente, em setembro, ocorreu o acidente de Goiânia em que quase 1000 pessoas foram irradiadas por céσιο-137, 249 foram contaminadas interna e/ou externamente com céσιο-137 e 4 morreram (OKUNO, 1988). Foi um triste acidente que serviu para mostrar a seriedade do assunto que havia sido discutido. A avaliação sobre o tema foi concluída com a apresentação de maquetes de usinas nucleares.

49 Esse trabalho foi desenvolvido na EEPSP Profa. Nicéia A. Ferrari e EEPSP Prof. Evandro

C. Esquivel na cidade de Diadema, São Paulo.

Em 1988, na mesma escola, continuando a proposta anterior, acrescentamos um debate entre os alunos das 2a. séries e o físico Antônio Carlos de Oliveira, assessor do então deputado federal Fábio Feldman, sobre a questão do uso da energia nuclear e da radioatividade e o Programa Nuclear Brasileiro no Teatro Clara Nunes no Centro Cultural Diadema. Participaram 250 alunos, dos quais 50 vieram de outra escola por iniciativa e interesse do diretor da mesma!

Constatamos que os estudantes, em geral, se empolgavam com as aplicações da física, relacionando-a, através das discussões sobre a *questão nuclear*, com a sua própria vida (PEREIRA, 1987).

As discussões sobre o programa nuclear brasileiro, envolvendo os aspectos fundamentais da física de radiações e nuclear, os processos de produção da energia nuclear, os efeitos biológicos das radiações ionizantes e os riscos dos acidentes nucleares, estimulam a participação e desempenho dos alunos nas aulas de física. Constatamos, inclusive, um aumento significativo no interesse dos alunos pelos assuntos tradicionais.⁵⁰

Projeto "Pio XII"

Em 1995, inserimos no programa de física das três 1a.s séries e da 2a. série de Humanas do 2o. grau do Colégio Pio XII, a questão nuclear, junto com os temas Energia e Dinâmica. Aproveitamos os 50 anos do lançamento das primeiras bombas atômicas em Hiroxima e Nagasaki para discutir o tema com os alunos.

O planejamento constou de:

A) 1a.s séries - aula expositiva
vídeos (Sonhos - Akira Kurosawa/The Day After - Nicholas Meyer)
leituras de textos de revistas
montagem e exibição de painéis

B) 2a. humanas aula expositiva

leitura de textos

produção de vídeos sobre algum dos tópicos discutidos⁵¹

Em 1996, ao sensibilizarmos os demais colegas professores a respeito da relevância do assunto, conseguimos iniciar um projeto de integração de áreas aproveitando o programa já estabelecido do 2o. grau. O planejamento realizado foi o seguinte:

A) 1as. séries - Tema: 100 anos da Descoberta da Radioatividade
Química - Atomística - prófa. Vânia Moretti

50 A energia nuclear enche a sala de aula, reportagem publicada na Revista Sala de Aula, Fundação Victor Civita, setembro de 1988, sobre a experiência pedagógica desenvolvida pelo autor com alunos das 2as. séries colegiais da EEPSPG "João Ramalho" em Diadema, São Paulo.

51 Encontra-se à disposição dos interessados um exemplar de um dos vídeos produzidos pelos alunos.

Física - Dinâmica/História da Ciência - prof. Ozimar S. Pereira
Língua Portuguesa - Técnicas de Redação/ Informática - profa.
Marinez D. Rosa

B) 2as. séries - Tema: 10 anos do Acidente de Chernobyl
Biologia - Genética - prof. Carlos Negretti
Física - Energia - prof. Ozimar S. Pereira
Língua Portuguesa - Técnicas de Redação/ Informática - profa.
Marinez D. Rosa

Recursos Utilizados:

- aulas expositivas
- audiovisuais (slides/transparências/vídeos)
- informática (processador de texto/multimídia)
- leituras (revistas/livros/textos)
- debates
- pesquisas
- questionários
- palestra⁵²

Resultados do Projeto "Pio XII"

Em 1995, aplicamos um questionário com 17 questões sobre os principais pontos do assunto. As questões cuja análise interessam mais a este trabalho são as de número 12,14, e 16. Transcreveremos as questões e algumas respostas dadas pelos alunos.

Questão 12 - O que você achou de ter estudado este assunto em física?

Achei bastante interessante porque pudemos ter uma noção melhor do que a bomba atômica e seus derivados podem causar, os problemas que podem gerar e, as formas benéficas de utilizar os derivados atômicos como a energia atômica(D.Granconato).

Achei muito gostoso e instrutivo ... Conhecendo esses assuntos, podemos refletir e começar a transformar o mundo em um lugar melhor, mais harmônico, onde não exista o risco de se lançar uma bomba atômica. Destruindo assim a vida de seres vivos no planeta Terra.(M.A.Cavalcanti)

Muito importante para que todos tenhamos consciência do que pode vir por aí e também serviu como um alerta já que seremos o futuro do país. (L.A.Dias)

Questão 14 - O que você pensa sobre o uso da radioatividade e da energia nuclear no mundo? Por quê?

⁵² Palestra sobre Radioatividade e Energia Nuclear - Riscos e Benefícios, físico Fábio Suzuki,
IPEN, São Paulo. Participaram somente os alunos das 2a. séries.

Eu acho que quando ela boa quando é utilizada moderadamente, para estudos onde não irá prejudicar ninguém, nem o meio ambiente. Caso contrário, sou totalmente contra o uso da mesma.(F.Maeda)

Interessante, afinal, os métodos de energia estão prestes a se esgotar e a energia nuclear é um ótimo método opcional a ser usado (A.J.V.Pinto)

Eu acho que não deveria utilizar, pois é muito perigoso, o homem vai acabar destruindo ele mesmo e o mundo. O único fator bom da energia nuclear é que com pouco material pode produzir muito mais energia do que as usinas termoeletricas. E não compensa arriscar a nossa vida por causa disso (T.Rossato)

Questão 16 - Quais as medidas que todos nós (cidadãos) deveríamos tomar para evitar uma guerra desse tipo (nuclear)?

Algumas respostas:

Deveríamos alertar todas as pessoas sobre os perigos de uma guerra nuclear(F.Bonilha)

Eu creio que nós, cidadãos comuns, não temos muita coisa a fazer, afinal, quem toma conta dessa parte são os administradores de cada país. Mesmo assim, nós poderíamos tentar fazer uma grande campanha contra as armas nucleares, ou melhor, contra qualquer tipo de arma militar (D. Granconato)

Temos que ter o objetivo de querer apenas a paz e nós deveríamos nos conscientizar e protestar contra aqueles que, como a França, estão fazendo testes nucleares. Devemos proteger o que é nosso (A.B.Meria)

A avaliação dos trabalhos em 1996 foi através da redação de um texto em estilo de jornal ou revista, apresentando os temas: 100 Anos da Descoberta da Radioatividade e os 10 Anos do Acidente de Chernobyl. Esgotado o assunto em classe, os professores auxiliaram os alunos nas suas pesquisas e leituras, tirando as dúvidas que surgiam.

Com a pesquisa feita, utilizando as aulas de redação e os recursos do laboratório de informática da escola, a professora orientou-os no sentido da produção de um texto jornalístico. Para isso, eles deveriam ter algum conhecimento sobre o assunto, obtido nas pesquisas.

Conclusão

O objetivo do trabalho era colocar os alunos a par da questão nuclear, conhecendo os principais assuntos envolvidos e relacionando-os

com a física estudada regularmente, mostrando que esta não é neutra, nem perigosa ou inofensiva.

Ao mesmo tempo em que concordamos que o programa de física deve conter tópicos da atualidade, aspectos relacionados à formação da cidadania do estudante ganham importância também.

A questão nuclear é polêmica por natureza, não possuindo respostas fechadas ou definitivas. Logo, procuramos evitar emitir opiniões sobre aspectos complexos, tais como, o uso da energia nuclear como fonte energética alternativa aos combustíveis fósseis.

Nas avaliações, constatamos um grau de maturidade significativo nas respostas dadas pelos alunos, mostrando que conseguiram compreender a complexidade do assunto e sua natureza polêmica. O aprofundamento dessa discussão é fundamental para melhorarmos a educação como um todo, assim como, para o ensino de ciências(e da física, juntamente).

Agradecimentos

Agradecemos à Marta Teresa D. Siqueira, orientadora pedagógica do 2o. grau do Colégio Pio XII, pelo apoio; a Edvaldo R.P. Fonseca e Margarete L.Bustos, responsáveis pelo

Setor de Comunicação Social do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN de São Paulo, pelo carinho e atenção dispensados ao nosso projeto e, especialmente, aos nossos alunos; e aos alunos (juntamente com suas famílias!) que não mediram esforços na realização dos trabalhos e nas diversas tarefas que exigimos deles.

Bibliografia

- AUBRECHT, G.J. (ed.) 1987, Quarks, Quasars and Quandaries(Proceedings of the Conference on the Teaching of Modern Physics held at Fermilab, April 24th-27th, 1986), American Association of Physics Teachers, College Park, MD.
- BEARDSLEY, T. 1992, Teaching real science. *Scientific American*, Vol. 267, No. 4, pp. 78 - 86.
- BONALUME NETO, R. A Explosão do Paraíso in: *Folha de S. Paulo*, 23 de junho de 1996, caderno Mais, pp. 5-7.
- CARDOSO, E. et alli. s/data, *Radioatividade* (CNEN, Rio de Janeiro).
- CARLI, E. B. 1988, *Jornalismo Científico e o Ensino de Ciências no Brasil: a utilização de notícias científicas no ensino de biologia, física e química no 2o. grau* (Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro de Pós-Graduação do Instituto Metodista de Ensino Superior, São Bernardo do Campo, SP)
- CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA. 1987, *Energia Nuclear: caminho para a sobrevivência* (CENA/USP, Piracicaba, SP)

- COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR-CNEN. s/data, *Conheça um pouco de reatores nucleares* (CNEN, Rio de Janeiro).
- CONFORTO, A.M., GIOVA, A. and SIGNORINI, C. 1989, The nuclear issue and the school. *Physics Education*, Vol. 24, pp. 83 - 87.
- EIJKELHOF, H.M. 1991, *Radiation and Risk in Physics Education* (The Netherlands Rijksuniversiteit Utrecht CDB Press, Utrecht).
- , KORTLAND, K. and LOO, F. 1988, Nuclear weapons - a suitable topic for the classroom? *Physics Education*, Vol. 19, pp. 11 - 14.
- FISCHLER, H. & LICHTFELDT, M. 1992, Modern physics and student's conceptions. *International Journal of Science Education*, Vol. 14, No. 2, pp. 181-190.
- FREIRE, R. 1989, Questão nuclear enche a classe de energia. *Revista Sala de Aula*, Fundação Victor Civita, São Paulo, Vol.2, No. 9, pp. 12 - 16.
- GAMA, H. & HAMBURGER, E.W. 1990, *Pesquisas sobre o ensino da física* (Instituto de Física - USP, São Paulo)
- GIL, D. & SOLBES, J. 1993, The Introduction of Modern Physics: overcoming a deforming vision of science. *International Journal of Science Education*, Vol.15, No. 3, pp. 255 - 260.
- GÓES, R. O Brasil e o testes nucleares in: *Folha de S. Paulo*, Tendências e Debates, caderno 1, p. 3.
- MARTIN, J.B. s/data, *História da Energia Nuclear* (CNEN, Rio de Janeiro).
- MARTINS, M.C.M. 1994, *Divulgação científica e o ensino de física nuclear no 1o. e 2o grau* (Tese de doutoramento apresentada à Faculdade de Educação da USP/São Paulo).
- MOSSRI, S. Governo retoma montagem da usina Angra 2 in: *Folha de S. Paulo*, 17 de fevereiro de 1996.
- OKUNO, E. 1988, *Radiação: efeitos, riscos e benefícios*. (Harbra, São Paulo).
- PEREIRA, O.S. 1987. *Radioatividade e energia nuclear no 2o. grau: uma experiência de ensino*. Painel apresentado no VIII Simpósio Nacional de Ensino de Física (Rio, RJ).
- , 1995, *Um curso de atualização sobre raios cósmicos para professores de ciências e física - modernizando o currículo de física no 1o. e 2o. graus*: Painel apresentado no XI Simpósio Nacional de Ensino de Física (Niterói, RJ).
- , 1995, *Os estudantes querem física nuclear e raios cósmicos?* Painel apresentado no XI Simpósio Nacional de Ensino de Física (Niterói, RJ).
- PORTELA, F. & LICHTENTHALER FILHO, R. 1992, *Energia Nuclear* (Editora Ática, São Paulo).

- REIS, Y. s/data. *Radiação e Saúde* (Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN, Rio de Janeiro, Projeto CNEN VAI ÀS ESCOLAS)
- RONEN, M. & GANIEL, U. 1988, From assumption of knowledge to knowledgeable considerations: a class activity on "ionizing radiation and its effects". *International Journal of Science Education*, Vol. 10, No. 5, pp. 260-267.
- SALÉM, S. 1996, *Chernobyl 1986-1996* (Greenpeace/SinproSP/Apeoesp, São Paulo)
- SERBINO, R.V. & BERNARDO, M.V.C. (org.) 1992, *Educadores para o século XXI - uma visão multidisciplinar* (Ed. Unesp, São Paulo).
- VICENTE, R. & DELLAMANO, J.C., 1993. *Rejeitos Radioativos* (CNEN-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Coleção FALANDO SOBRE ...)
- TERRAZZAN, E.A. 1994, *Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média* (Tese de doutoramento apresentada à Faculdade de Educação da USP, São Paulo).

Anexo

Questionário sobre "os 50 anos da bomba atômica"

- 01 - Explique o que é radioatividade.
- 02 - O que é radiação? Dê exemplos.
- 03 - Qual a diferença entre fissão e fusão ?
- 04 - Explique o processo de produção da energia nuclear.
- 05 - Cite cinco aplicações pacíficas da radioatividade
- 06 - Explique os principais efeitos das radiações ionizantes sobre os seres vivos.
- 07 - Resuma a história da construção da primeira bomba atômica
- 08 - Como funciona uma bomba atômica?
- 09 - Quais são os efeitos da explosão de uma ogiva nuclear?
- 10 - Quais as principais conseqüências de uma guerra termonuclear global?
- 11 - Quais os painéis que mais chamaram a sua atenção? Por quê?
- 12 - O que você achou de ter estudado este assunto em física?
- 13 - Quais outros assuntos você gostaria que fossem introduzidos nas aulas de física?
- 14 - O que você pensa sobre o uso da radioatividade e da energia nuclear no mundo?
- 15 - Você acredita na possibilidade de uma guerra nuclear mundial? Por quê?
- 16 - Quais as medidas que todos nós (cidadãos) deveríamos tomar para evitar uma guerra desse tipo?

17 - Qual seria a sua atitude se, ao ligar a TV em sua casa, ouvisse a notícia que iria começar uma guerra nuclear de grandes proporções nas próximas horas?

A LEI DE HOOKE E A AVALIAÇÃO DE PRESERVATIVOS - A INTEGRAÇÃO DA FÍSICA COM A DISCIPLINA DE ORIENTAÇÃO SEXUAL PARA A PREVENÇÃO DA AIDS

O. S. Pereira e A.C. Egypto
Colégio Pio XII, R. Colégio Pio XII, 233 - 05657-140
São Paulo - SP - Brasil

Introdução

O Colégio Pio XII oferece aos seus alunos de 5a. a 8a. série do 1o. grau e aos alunos de 2o. grau a disciplina de Orientação Sexual, cujas aulas são ministradas quinzenalmente. Nessas aulas, os alunos discutem o corpo humano, a saúde, sexualidade, o prazer, o amor, questões éticas - tais como a questão da solidariedade ao próximo ou a tolerância ao diferente, doenças sexualmente transmissíveis, entre outros assuntos. O programa dessa disciplina é desenvolvido em conjunto com professores de outras disciplinas e a escola mantém uma coordenação para prevenção a drogas e para orientação sexual, pelo qual, um dos autores é responsável.

Em função das características desse trabalho, a Coordenação de Orientação Sexual tem procurado sensibilizar todas as outras disciplinas, ainda não envolvidas, para essa questão. Uma vez que a questão das doenças sexualmente transmissíveis, particularmente a AIDS (DST-AIDS) ultrapassar a dimensão puramente biológica, a disciplina de física não poderia se manter alheia.

Segundo Pedro Chequer, coordenador do Programa Nacional de AIDS, o serviço de vigilância epidemiológica em Aids - que contabiliza os casos - estima que o número de doentes pode passar de 130 mil, 48% a mais que os 88 mil oficialmente notificados pelo próprio Ministério da Saúde⁵³.

Diante desse grave problema social, os professores de física e biologia, Carlos Negretti e Djalma Nunes da Silva, respectivamente, em 1994, fizeram um planejamento para um trabalho integrado, em que, na disciplina de física, se discutiriam os aspectos físicos da segurança dos preservativos. Por problemas de natureza administrativa, essa proposta só pôde ser retomada e aprofundada em 1996, e consta do planejamento da área para 1997.⁵⁴

⁵³ Aureliano BIANCARELLI, 1996. Aids afeta 42 mil pessoas a mais no país (Folha de São Paulo, 19 de dezembro)

⁵⁴ O tema Orientação Sexual integra a proposta do Ministério da Educação e do Desporto de se incluir no currículo escolar discussões sobre temas polêmicos, tais como Ética, Meio Ambiente, e Sexualidade (JORNAL DO PROFESSOR, outubro de 1996, p.26)

Planejamento

O assunto do programa de física que está diretamente relacionado com a questão da segurança dos preservativos é o estudo da elasticidade dos materiais, especialmente, dos sólidos, estudado na 1a. série do 2o. grau. Nele discutimos um pouco sobre a estrutura da matéria, e, nos concentramos nas deformações elásticas sofridas pelos sólidos, apresentando a "LEI DE HOOKE".

Programa:

- 0 - Introdução à metodologia da ciência
- 1 - Introdução à Dinâmica (Leis de Newton)
- 2 - Aula expositiva sobre a lei de Hooke
- 3 - Aula experimental no laboratório
- 4 - Análise dos resultados em casa
- 5 - Redação de um relatório em grupo em casa
- 6 - Discussão sobre a metodologia a ser utilizada para avaliar os preservativos em classe
- 7 - Elaboração de um "pré-projeto" em classe
- 8 - Realização dos testes
- 9 - Avaliação dos resultados
- 10- Redação de um relatório

Resultados

Os alunos puderam aplicar os conhecimentos adquiridos no início do curso de física sobre o que é física e o que é ciência, em que se foi discutida a importância da metodologia científica, exemplificando-se com os trabalhos de Galileu, desenvolvidos no século XVII.

O capítulo de Dinâmica, em que discutimos as leis de Newton, tem se caracterizado na maioria das escolas, como um conjunto de leis - ou fórmulas, como os alunos preferem dizer - que se aplicam a problemas desvinculados de sua realidade, apesar de reconhecerem a sua exigência nos exames vestibulares ou em alguns cursos que pretendam fazer.

Para o trabalho experimental, utilizamos os kits experimentais desenvolvidos pela LABORCIÊNCIA® e adquiridos pela escola. As aulas de laboratório ocorrem no período normal de aula - de manhã - e para elas vai metade da classe, enquanto a outra assistia à aula de Orientação Sexual, invertendo-se a divisão na semana subsequente. Isso permitiu um bom acompanhamento das turmas e do planejamento previsto.

Nas aulas de orientação sexual, foram discutidos aspectos da sexualidade, da reprodução humana, da gravidez indesejada e das doenças sexualmente transmissíveis, particularmente a AIDS, e como preveni-las.

Nas aulas de física, dispendemos uma aula (50 minutos) para exposição e discussão da lei de Hooke, com a resolução de alguns problemas numéricos, e uma aula para a realização do experimento.

Para a avaliação dos preservativos - assunto já discutido em orientação sexual - utilizamos uma aula, em que os alunos reunidos em grupos de 5 (mais ou menos) estabeleceram o procedimento de avaliação, estipulando os objetivos a atingir e a metodologia para realização dos testes. O professor de física circulava entre os grupos tirando dúvidas ou dando sugestões, contudo, evitando interferir no trabalho dos grupos.

Os testes e os relatórios foram realizados em casa e foram entregues depois de três semanas, tendo sido avaliados separadamente pelas duas disciplinas.

Conclusão

Constatamos um grande interesse e envolvimento da maioria dos alunos nesse trabalho. Em avaliações informais com eles, verificamos que, com essa atividade, passaram a perceber uma aplicação mais concreta da física na sua vida. A atividade serviu para fixação de assuntos discutidos anteriormente - metodologia científica - e para reforçar o estudo da dinâmica. Percebemos que poderíamos ter explorados outros conceitos - tais como, estática dos corpos, hidrostática e energia - o que será feito no planejamento desse trabalho para o ano letivo de 1997.

Do ponto de vista da disciplina de orientação sexual, houve um aprofundamento das reflexões feitas nas aulas sobre a questão da prevenção das DST - AIDS, permitindo aos alunos uma manipulação séria e "científica" dos preservativos, colaborando para a sua desmistificação e orientando-os quanto à sua relativa segurança.

A exigüidade do tempo disponível para reuniões, tanto entre os professores, assim como com os alunos, impediram um melhor planejamento e uma melhor avaliação, o que limitou o alcance do trabalho. Todavia, acreditamos que esta experiência quebrou um tabu de envolvimento das aulas de física em assuntos dessa natureza, relegados sempre para a área de biologia. Além do que, permitirá a outros professores, em escolas públicas ou particulares, desenvolverem atividades semelhantes, que, certamente, enriquecerão tanto o trabalho do professor como os conhecimentos do estudante.

Agradecimentos

Agradecemos à Marta Tereza Siqueira, orientadora educacional do 2o. grau do Colégio Pio XII, pelo apoio à iniciativa das duas áreas envolvidas neste trabalho e pela orientação no tocante à bibliografia sobre interdisciplinaridade e integração de áreas na educação.

E, também, aos alunos das 1.a.s séries (e seus pais) que não mediram esforços para tornar este trabalho possível.

Bibliografia

- BIANCARELLI, A. Aids afeta 42 mil pessoas a mais no país in: *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 19 de dezembro de 1996, caderno 3, p.10.
- EGYPTO, A.C. 1996. *O Trabalho Interdisciplinar de Prevenção da AIDS* (mimeografado, São Paulo).
1996. Centro de Documentação e Informação in *Boletim GTPOS - Grupo de Trabalho e Pesquisa em Orientação Sexual*, São Paulo, no. 7, mai/ago 1996, pp. 1-2.
- FAZENDA, I.C.A. 1991. *Interdisciplinaridade - um projeto em parceria* (Edições Loyola, São Paulo).
- FAZENDA, I.C.A. (org.) 1991. *Práticas Interdisciplinares na Escola* (Cortez Editora, São Paulo).
- FRARE, J.L.(editor) AIDS - Muita gente faz arte das boas com camisinhas in: *Nova Escola*, Fundação Victor Civita, São Paulo, março de 1993, p.55.
- GTPOS. 1994. *Guia de Orientação Sexual - Diretrizes e Metodologia* (Casa do Psicólogo, São Paulo, 5a. edição).
- KUHN, T.S. 1975. *A Estrutura das Revoluções Científicas* (Perspectiva, São Paulo).
- PARANÁ, D.N. 1995. *Física - Mecânica* (Ática, São Paulo, Cap. 1,11,12, Coleção em 3 volumes).
- RIGITANO, C. Testes tiram 4 camisinhas do mercado in: *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 14 de dezembro de 1996, caderno 5, p.3.
- RÖCKER NETTO, O. Suspensa a distribuição de preservativo in *Folha de S. Paulo*, São Paulo, 18 de outubro de 1996, caderno 3, p.3.
- SEVERINO. A.J. 1995. *Metodologia do Trabalho Científico* (Cortez, São Paulo, 19a. edição).
- SUPLICY, M. et alli. 1995. *Sexo se aprende na escola* (Editora Olho d'água, São Paulo).
- VILLALBA, P. Camisinha deve ser presença obrigatória em toda e qualquer bagagem nas férias in: *O Estado de S. Paulo*, São Paulo, 2 de janeiro de 1997, caderno G, p.6.

VÍDEO-DEBATE - UMA ATIVIDADE EXTRA-CLASSE

Anderson Fabian Ferreira Hígino
Olísia de Oliveira Damasceno

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)
Departamento Acadêmico de Disciplinas Básicas (DADB)
Laboratório Aberto de Ciência, Tecnologia e Arte (LACTEA)

Introdução

A percepção direta que o ser humano tem do mundo ao seu redor ocorre através dos sentidos físicos. Cada um deles ajuda o homem a interagir com alguns aspectos deste mundo e o conjunto dos cinco permite uma maior compreensão da natureza.

Ao longo da história, a comunicação tem-se valido principalmente da visão e da audição. Exemplos disto são as pinturas rupestres encontradas em abrigos e grutas em todo o mundo e a antiga prática de difusão oral da história e da cultura dos povos, do que nos recorda a clássica imagem de reunião da tribo em torno da fogueira para escutar relatos de anciões.

Dois olhos, dois ouvidos... A reunião destes dois sentidos tem um grande poder, e este sentimento se fez presente desde muito cedo na história humana. Com efeito, a noção de que as formas de comunicação que alcançam ao mesmo tempo visão e audição têm uma grande força expressiva gerou manifestações artísticas tão importantes quanto o teatro, presente sob várias formas na cultura humana desde a Antiguidade.

Iniciada pelo teatro, expandida pela já centenária sétima arte e mais tarde explorada nos mais diversos aspectos pela televisão, a mensagem simultânea aos olhos e ouvidos firmou-se definitivamente como um dos mais poderosos recursos da comunicação humana. É possível dizer hoje que vivemos na cultura do áudio-visual, e os profissionais da Educação não devem esquecer-se disto.

Como Educação envolve necessariamente comunicação, e como os meios de comunicação nos oferecem hoje em dia uma vasta quantidade de material que a escola pode aproveitar em suas atividades, um grupo de profissionais do CEFET-MG está comprometido com o desenvolvimento de *metodologias* de utilização de recursos áudio-visuais. Neste trabalho, apresenta-se o relato de *uma* dessas atividades, o Vídeo-Debate.

No campo dos recursos áudio-visuais, um elemento cuja preponderância parece indiscutível é a televisão. Com efeito, levantamentos estatísticos indicam-na como o eletrodoméstico mais presente nos lares das nossas cidades, em todas as classes sociais, num fenômeno de massificação que gera conseqüências das mais diversas ordens.

Um dos quadros que não raro se verificam é o do televisor como "babá eletrônica", ou o do vídeo-game como substituto das brincadeiras infantis tradicionais, que predominavam outrora. Isto ocorre não apenas em consequência à presença dos aparelhos eletro-eletrônicos, mas em função de um contexto muito mais amplo, que envolve elementos como o sedentarismo do cotidiano moderno, entre outros.

A história que se repete em milhões e milhões de casos é a do desenvolvimento de uma relação passiva e pouco crítica com as informações transmitidas pela televisão e outros elementos da mídia, história que se vai construindo desde a infância, passando pela adolescência e juventude, até a fase adulta. Não é difícil encontrar exemplos de pessoas nessas diversas faixas etárias que recebem de maneira indistinta elementos cuja influência em suas vidas variam do pernicioso ao construtivo.

Em síntese, é cada vez mais fácil, nos dias atuais, o acesso à informação trazida pela televisão, mas é também cada vez mais fácil a assimilação passiva dessa informação, com uma dose mínima ou nula de reflexão. Tudo isto ocorre a despeito da existência de um sem-número de programas de excelente qualidade, que incitam o interesse por temas de relevância e estimulam o exercício da inteligência.

A partir dessas constatações, percebemos a oportunidade de interferir positivamente nesse quadro através da criação de uma atividade que incentivasse a análise de vídeo-documentários e a reflexão crítica sobre as informações por eles veiculadas.

Detalhamento da Atividade

A idéia básica do projeto é o aproveitamento de séries de vídeo-documentários que, pela qualidade da produção e pela riqueza dos temas e da abordagem, possam gerar um debate de idéias significativo para o público-alvo. O uso desses materiais se dará mediante a apresentação de cada episódio seguida do debate do conteúdo deste e de assuntos correlatos. A seqüência preferencial é a semanal, e num primeiro momento, está sendo utilizada uma série de 8 documentários sobre tecnologia (White Heat) produzida para a televisão pela rede inglesa BBC e apresentada no Brasil pelo canal GNT (GLOBOSAT).

O público-alvo será definido em cada série de Vídeo-Debates promovida. Para esta primeira série (setembro a dezembro de 1996), optou-se por trabalhar com os alunos das duas turmas de 1º período dos cursos de Engenharia Industrial (Elétrica e Mecânica) e das três turmas do curso de Tecnólogo em Normalização e Qualidade Industrial. Em oportunidades futuras, no entanto, pode-se trabalhar com outros grupos de professores ou alunos, tanto dentro quanto fora do CEFET-MG, transformando-se o Vídeo-Debate numa atividade de extensão com características bastante interessantes.

O projeto parte de uma concepção simples para apresentar uma opção de atividade promissora dentro do quadro vigente na escola de hoje, em que é grande a necessidade de modernizar o estudo dos temas científicos, tecnológicos, culturais e sociais, trabalhando com uma abordagem atual e mais integrada, em que seja possível fazer da imensa rede de inter-relações entre os assuntos um aliado poderoso, e não um inimigo letal para o processo de ensino-aprendizagem.

Precisamente aí é que a linguagem da moderna comunicação social cria um cenário em que é possível atuar de maneira estratégica para obter resultados talvez algo menos previsíveis do que nas situações convencionais, mas de um valor inegável. Nesse universo, destaca-se a capacidade de síntese demonstrada pelos produtores das inúmeras boas séries de vídeo-documentários que estão hoje à disposição do público em geral e da escola, em particular. A utilização destes materiais enseja, entre outras oportunidades, a do esforço por alcançar uma interação mais crítica e ativa com a mídia televisiva, desenvolvendo-se habilidades importantes como a de percepção global, análise e síntese.

No caso específico do debate sobre Ciência & Tecnologia no âmbito do CEFET-MG, o projeto da instituição aprovado no programa PRODENGE/REENGE será certamente beneficiado em vários níveis com os subsídios teórico-conceituais advindos desse esforço, e a série *White Heat*, escolhida para a estréia do projeto, é de inquestionável importância para fomentar o desenvolvimento de uma percepção mais lúcida desse tema tão complexo e um posicionamento mais adequado frente a ele.

Conclusão

A experiência conduzida no segundo semestre de 1996 estimulou os organizadores do Vídeo-Debate a dar continuidade ao projeto no ano de 1997. O estímulo advém da percepção da importância de uma série de resultados preliminares já alcançados:

1. Os níveis significativos de presença e interesse mantidos até o final das sessões do Vídeo-Debate mostram a boa aceitação pelo público-alvo desse tipo de atividade não-obrigatória.
2. Os professores organizadores da atividade, também professores de disciplinas dos cursos citados, relataram uma melhoria apreciável em sua relação com os alunos das turmas participantes comparativamente com outras turmas de alunos.
3. A atividade enseja diversas oportunidades de explicitação aos olhos dos alunos do processo de crescimento e aprendizagem por que passam *também* os professores organizadores, o que parece favorecer a citada melhoria da relação professor-aluno.
4. Diversas manifestações dos alunos participantes permitiram inferir um aumento da capacidade de percepção e análise das mensagens veiculadas pela mídia televisiva e do relacionamento destas a outros temas relevantes, com aumento de percepção global.

5. Foi possível verificar também um aumento de percepção dos diferentes tipos de linguagem empregados pelos criadores de recursos áudio-visuais, e algumas das formas pelas quais o inter-relacionamento inteligentemente planejado de elementos como música, discurso oral, texto escrito e forma e fundo de cenário reforça a mensagem transmitida.

Uma das expectativas dos organizadores do Vídeo-Debate é a de que a atividade venha a dar contribuição significativa à criação, a médio e longo prazo, de um perfil profissional diferenciado nos participantes. Apesar de os diversos aspectos dos resultados anteriormente salientados não terem ainda sido objeto de um estudo quantitativo, há uma forte sensação de que eles refletem processos mais profundos pelos quais passam os diversos participantes, professores e alunos, e merecem uma análise mais minuciosa, numa fase para a qual o projeto prevê a elaboração de instrumentos de medição adequados.

MÓDULO DIDÁTICO PARA ENSINO DE CORES: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA

Gerson G. Gomes
Maurício Pietrocola
Universidade Federal de Santa Catarina

1. Introdução

O presente trabalho propõe-se a relatar uma experiência didática ocorrida no Laboratório de Demonstração do departamento de Física da UFSC, nascida da interação com o curso de artes plásticas da UDESC.

É tomado como certo que os alunos de cursos artísticos têm pouco interesse por questões científicas. Uma professora do curso de artes solicitou ao departamento alguns experimentos sobre luz e cores, pois seus alunos ressentiam-se da sua pouca informação sobre o tema. Nesse sentido, desenvolvemos um módulo didático para o ensino de cores.

2. Problematização Inicial

O conceito “cor” de um objeto é, por vezes, apresentado como uma coisa óbvia - o que não corresponde à realidade.

Usando-se uma fonte de luz e filtros coloridos apresentou-se diversos objetos para que os alunos identificassem a cor “real” dos mesmos. Apesar de identificarem as ditas cores (parece que eles já haviam visto algo semelhante em seus cursos) eles despertaram para esta problemática. Passou-se então a discutir os três pontos principais relacionados à cor: a luz, a matéria (pigmento) e a visão humana (nossa percepção de cores).

3. Luz

Apresentou-se aqui o “célebre fenômeno das cores”, nas palavras de Newton, ou seja, a experiência da dispersão da luz branca por um prisma.

Vê-se que para entender melhor este experimento, e por tratar-se de pessoas que não têm contato com ciências, é necessário travar um conhecimento com alguns conceitos básicos de ondulatória e princípios físicos envolvendo a luz. Foram discutidos os seguintes itens

- luz enquanto onda eletromagnética;
- fonte de ondas eletromagnéticas;
- conceitos tais como comprimento de onda, frequência e energia, culminando com a apresentação do espectro eletromagnético, este último despertando muito interesse por partes do alunos.

Pôde-se, então, explicar a refração e a dispersão da luz.

4. Matéria (Pigmento)

Para introduzir este segundo aspecto procurou-se problematizar a questão das cores primárias (quadro a seguir)

cores primárias	
artista	cientista
magenta	vermelho
amarelo	verde
ciano	azul

A diferença relevante neste quadro é o amarelo para o artista, enquanto que para o cientista é o verde. Ilustrou-se este problema com a seguinte experiência: utilizando-se tintas vermelha e verde, misturou-se os dois pigmentos em uma placa, observando como resultado um marrom escuro. Tomando-se duas fontes de luz e filtros verde e vermelho fez-se a mistura e obteve-se uma cor levemente amarelada, fenômeno este que pode ser entendido através da “matemática” das cores (adição e subtração-ressonância).

5. Visão

Na experiência da dispersão, isolou-se uma das cores do espectro e fez-se a mesma atravessar diversos prismas e, como ela não sofresse nenhuma alteração, pôde-se fazer a diferenciação entre cor simples e cor composta.

Se não existem, sob este ponto de vista, cores primárias, então como se explica o resultado da experiência acima, onde dois feixes coloridos combinam-se dando uma terceira cor? Esta parece ser uma boa forma de introduzir o terceiro ponto: a questão fisiológica, ou como o homem vê as cores.

Foram abordadas as duas principais teorias de percepção de cores: a teoria tricromática de Young-Helmholtz e a teoria das cores complementares de Hering.

6. Resultados Obtidos - Considerações Finais

Tanto os alunos quanto a própria professora do curso de artes mostraram-se satisfeitos com o módulo didático. Infelizmente não foi feito um levantamento ou questionamento posterior com os alunos sobre os pontos positivos e negativos da aula, assimilação dos conteúdos e implicações para o seu curso. Mas é possível fazer-se algumas considerações com certa segurança.

Na problematização inicial os alunos pareceram surpresos ao ver que cor de um objeto poderia mudar drasticamente dependendo da luz incidente. Em seu curso de artes eles parecem trabalhar com a iluminação apenas para destacar ou disfarçar certos aspectos de uma obra.

O segmento Luz parece ter sido de grande interesse para eles; os princípios físicos e principalmente o espectro eletromagnético, que serviu de síntese, colocando a luz como um fenômeno similar com outros já conhecidos e reunindo vários aspectos da realidade.

A diferença entre as cores primárias para o artista e para o cientista mostrou-se inteiramente nova aos alunos de artes.

A problematização que introduz o terceiro aspecto - visão - surtiu grande efeito, despertando neles uma acentuada curiosidade.

Consideramos ainda uma das falhas neste módulo didático - que uma vez detectada contribuirá na sua reelaboração - e que é encontrada em praticamente todos os livros de Física básica e mesmo em livros destinados cursos superiores: a de subestimar a complexidade da teoria das cores de Newton, omitindo aspectos históricos (debates e confrontos de teorias) e apresentando uma visão distorcida de como se faz ciência, julgando que na simples demonstração da dispersão da luz por um prisma tem-se a prova experimental da composição da luz branca, prova esta que nem o próprio Newton apresentou.

INTERCÂMBIO DE TRABALHOS PRÁTICOS DE FÍSICA KAZAN - UNIJUÍ

Fabiana Cazaroli, Helio Bonadiman e Rafkat Toukhvatoulline
Departamento de Física, Estatística e Matemática - UNIJUÍ (defem@superunijui.tche.br)

Objetivos do Projeto

- Estabelecer um intercâmbio para o desenvolvimento de trabalhos práticos onde a experiência em ensino de laboratório de física da Universidade Técnica de Kazan é discutida, avaliada e adequada para a realidade dos cursos de graduação e pós-graduação da UNIJUÍ.

- Ampliar em qualificação o laboratório de Física da UNIJUÍ desenvolvendo equipamentos para serem aproveitados em aulas de física com material de baixo custo.

Metodologia de Trabalho

- Pesquisa bibliográfica sobre os princípios físicos envolvidos nos trabalhos práticos
- Montagem e construção de equipamentos para o desenvolvimento dos trabalhos.
- Elaboração de textos explicativos sobre os equipamentos construídos.
- Execução de equipamentos: coleta de dados, análise e avaliação dos resultados obtidos.
- Elaboração de roteiros de atividades para serem aplicados em sala de aula.

Trabalhos Práticos Desenvolvidos

1. Determinação do momento de inércia de um corpo sólido pelo método da rotações.
2. Determinação do coeficiente de viscosidade de líquidos.
3. Desenvolvimento de um gerador de energia elétrica a partir de energia mecânica.
4. Demonstração do princípio de funcionamento da máquina fotográfica.

Com base no que referimos sobre a metodologia por nós utilizada e na necessidade de desenvolvermos uma **FÍSICA AO ALCANCE DE TODOS**, apresentaremos o segundo trabalho realizado, o qual condiz com os demais.

Coefficiente de Viscosidade de Líquidos

Objetivo

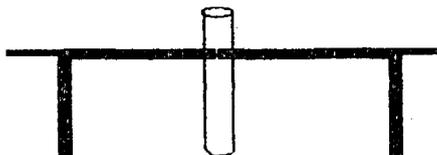
Determinar, experimentalmente, o coeficiente de viscosidade de líquidos utilizando metodologias de ensino desenvolvidas na

Universidade Federal Técnica de Kazan e verificar se adaptam-se a nossa realidade regional.

Material

- um tubo de vidro (+ ou - 1,50 m) com escala milimetrada
- esferas de aço
- um ímã
- cronômetro
- suporte de madeira
- líquidos: óleo e glicerina

Montagem



Sugerimos, inicialmente, a montagem ilustrada acima, a qual é constituída por um tubo de vidro com escala milimetrada e, para facilitar o experimento, o tubo poderá ser apoiado em uma mesa com fita adesiva.

Procedimento

Temos à disposição algumas esferas de aço e de mesmo tamanho (diâmetro), as quais nos auxiliarão na determinação do coeficiente de viscosidade de determinados líquidos. Inicialmente, com o auxílio de um paquímetro, mediremos o raio da esfera e calcularemos seu volume, após pesarmos-a com uma balança eletrônica e com os dados obtidos, no caso, massa e volume, encontraremos a massa específica da esfera (ρ_1 esfera), a qual se dá em g/cm^3 .

Também precisamos determinar a massa específica do líquido a ser estudado, para tanto, utilizaremos uma proveta graduada, pesaremos-a sem líquido e com determinado volume, ao subtrairmos do peso total o peso da proveta encontraremos a massa do líquido; com estes dados, volume e massa, determinaremos agora a massa específica do líquido (ρ_2 líquido).

Realizada a montagem e obtido os dados acima mencionados, encheremos o tubo de vidro com o líquido que iremos trabalhar.

Enchido o vidro pegaremos um termômetro e mediremos a temperatura do líquido.

Determinaremos uma distância, a qual será percorrida pelas esferas, bem como, com auxílio de um cronômetro marcaremos o tempo que estas levam para percorrer a mesma. Este procedimento devemos repetir várias vezes, pois por estarmos usando um cronômetro comum

poderemos obter alguns resultados não coerentes com o experimento. Para retirarmos as esferas de aço do tubo usaremos o ímã.

Encontrados estes valores, transcreveremos para a tabela abaixo:

Nº mediada	Tempo	cm	Temperatura (°C)	r-raio da esfera	P ₁ esfera g/cm ³	P ₂ líquido g/cm ³	η (g/cm.s)	$\bar{\eta}$ (g/cm.s)	Δη (g/cm.s)
1									
2									
3									
4									
5									

Após, determinaremos o valor do coeficiente de viscosidade do líquido, representado por η, através da seguinte equação:

$$\eta = \frac{2 \cdot r^2 \cdot g \cdot t}{9} \cdot \frac{(P_1 - P_2)}{1}$$

Onde:

t = tempo de queda (s)

l = distância percorrida (m)

g = aceleração gravitacional (m/s²)

r = raio da esfera (cm)

ρ₁ = massa específica da esfera (g/cm³)

ρ₂ = massa específica do líquido (g/cm³)

E a unidade do η é g/cm.s.

Seguiremos então, calculando a média do coeficiente de viscosidade do líquido, ou seja, somaremos todos os valores encontrados para η e dividiremos pela quantidade de valores, no caso:

$$\bar{\eta} = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4 + \eta_5}{5}$$

Para verificarmos se o nosso experimento obteve resultados compatíveis com os esperados calcularemos o Δη, que nada mais é, do que a diferença entre o valor tabelado como coeficiente de viscosidade do líquido e o valor encontrado por nós.

$$\Delta\eta = \eta \text{ encontrado} - \bar{\eta} \text{ tabelado}$$

Para finalizar, determinaremos a porcentagem de erro do experimento.

Obs: Devemos estar sempre atentos as possíveis causas de erros num experimento.

Após o término deste experimento analisaremos os resultados e as conclusões obtidas e aí, poderemos responder as seguintes questões:

1- Que forças agem na esfera em movimento?

2- Qual a condição para que a esfera se mova com velocidade constante?

3- Deduzir a equação de coeficiente de viscosidade.

Realizamos o experimento proposto utilizando como líquido o óleo de soja e, seguindo o procedimento anteriormente sugerido

obtivemos os seguintes resultados:

Nº de medidas	Tempo (s)	l (m)	Temperatura (°C)	raio da esfera (cm)	ρ_1 esfera (g/cm ³)	ρ_2 líquido (g/cm ³)	η (g/cm.s)	$\bar{\eta}$ (g/cm.s)	$\Delta\eta$ (g/cm.s)
1	2,27	0,70	28	0,16	7,576993	0,9025	1,259859	1,231153	0,02
2	2,28	0,70	28	0,16	7,576993	0,9025	1,212016	1,231153	0,02
3	2,34	0,70	28	0,16	7,576993	0,9025	1,243912	1,231153	0,01
4	2,30	0,70	28	0,16	7,576993	0,9025	1,222648	1,231153	0,01
5	2,29	0,70	28	0,16	7,576993	0,9025	1,217332	1,231153	0,02

$$\frac{\Delta\bar{\eta}}{\bar{\eta}} \cdot 100 = \frac{0,006}{1,23} \cdot 100 = 1,30\%$$

Também realizamos o experimento utilizando glicerina medicinal, obtendo assim, os dados abaixo:

Nº de medidas	Tempo (s)	l (m)	Temperatura (°C)	raio da esfera (cm)	ρ_1 esfera (g/cm ³)	ρ_2 líquido (g/cm ³)	η (g/cm.s)	$\bar{\eta}$ (g/cm.s)	$\Delta\eta$ (g/cm.s)
1	24,01	0,60	30	0,16	7,5769939	1,25	14,115357	14,06798	0,05055

2	23,90	0,60	30	0.16	7,5769939	1,25	14,115357	14,06798	0,05055
3	23,93	0,60	30	0.16	7,5769939	1,25	14,115357	14,06798	0,05055
4	23,87	0,60	30	0.16	7,5769939	1,25	14,115357	14,06798	0,05055

$$\frac{\Delta \bar{\eta}}{\bar{\eta}} \cdot 100 = \frac{0,0212}{14,06} \cdot 100 = \frac{2,12}{14,06} = 0,15\%$$

Algumas Conclusões e Observações Sobre o Trabalho

Após finalizar o experimento e obtidos os dados necessários, pudemos concluir que os valores por nós obtidos foram muito bons, mas não podemos deixar de considerar que existem diversos tipos de glicerina e de óleos, ou seja, a glicerina e o óleo são líquidos que podem apresentar diferentes densidades variando os resultados do experimento. Também, devemos ressaltar outros cuidados que devemos ter na realização do experimento e consequentemente na obtenção de dados, por exemplo:

- as esferas utilizadas devem ser as menores encontradas, devido ao atrito com as paredes do tubo;
- os materiais utilizados (cronômetro, balança, proveta,...) devem ser os mais precisos possíveis, pois é através deles que obteremos nossos dados;
- não usarmos nos cálculos do experimento valores tabelados para a massa específica do líquido e da esfera utilizados, pois podem haver misturas nas substâncias desiguando os valores.

Referente as forças que agem na esfera em movimento no líquido, podemos dizer que são três:

$$P = m \cdot g \quad (\text{força peso})$$

$$E = \rho \cdot v \cdot g \quad (\text{empuxo})$$

$$F = 6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta \cdot v \quad (\text{força de atrito - resistência})$$

E, que $P = E + F$, ou seja, que a força peso da esfera é igual a soma do empuxo que age sobre ela e a força de atrito existente. Com o experimento, também pudemos verificar, que para que a esfera se mova com velocidade constante a resultante das forças que atuam nela deverá ser igual a zero, portanto, não terá aceleração.

Os equipamentos abaixo, construídos por nós, bem como, os textos explicativos com a análise dos dados obtidos estão à disposição dos professores e alunos no laboratório de física da Unijuí para serem utilizados em atividades de ensino e extensão.

VALIDADE E LIMITAÇÕES DE MODELOS NA INTERPRETAÇÃO DE DADOS EM LABORATÓRIO DE TERCEIRO GRAU: ALGUNS ASPECTOS DE FLUIDODINÂMICA

Marcos Amaku, Lighia B. Horodynski-Matsushigue, Paulo T. D. Siqueira,
Paulo R. Pascholati, Ruy M. de Castro, Wayne A. Seale e José H. Vuolo
Instituto de Física da USP, (amaku@if.usp.br)

1. Introdução

Nos últimos anos, no Instituto de Física da USP, tem sido adotada uma estratégia de ensino [1] que visa fazer com que os alunos do curso básico de Bacharelado em Física — disciplinas de Física Experimental I e II — adquiram um domínio dos principais conceitos envolvidos no tratamento estatístico de dados experimentais [2]. Dentro dessa proposta, tem-se procurado que os alunos se tornem capazes não só de obter resultados quantitativos a partir do uso de técnicas adequadas de análise, como também de confrontar esses resultados com informações obtidas a partir de modelos. Essa é uma tentativa de contornar uma das deficiências de formação de muitos estudantes de Física, a de fazer análises de caráter qualitativo [3] que, somadas às informações quantitativas obtidas da análise dos dados, permitam uma melhor compreensão dos fenômenos físicos estudados. Desse modo, tem-se adotado uma abordagem didática diferenciada para possibilitar aos alunos o aprendizado de conceitos importantes em Física Experimental.

Foi feita a opção por experimentos envolvendo Fluidodinâmica, por ser esse um campo rico em situações que podem ser analisadas à luz de modelos compreensíveis aos alunos, além de ser uma área promissora para a atuação de físicos.

2. Caracterização dos Modelos

Ao se trabalhar com modelos em Física Experimental, de modo geral, e no caso de laboratórios didáticos, em particular, é interessante que sejam analisadas algumas características de tais modelos, como, por exemplo:

- limitações;
- simplicidade;
- elegância.

É importante que tais modelos, ao serem apresentados aos estudantes, sejam fundamentados em hipóteses levantadas a partir de observações experimentais ou de expectativas em relação ao que possa ser observado.

Os resultados obtidos das medidas, adequadamente analisados, permitem refutar ou não as hipóteses consideradas, muitas vezes

indicando quais os ingredientes inadequados e que deveriam ser tratados de modo diverso do apresentado.

3. Experimentos utilizados para a discussão de modelos

Dois experimentos foram em especial utilizados para a discussão de modelos: os experimentos de Queda Livre e Viscosidade [4]. Segue uma breve descrição de ambos:

- Queda Livre: É observada a queda livre de um corpo com forma de elipsóide de revolução (semi-eixos 2,0cm x 3,0cm), cuja trajetória é marcada em uma fita de papel encerado em intervalos de 1/60,0 s (período de oscilação da rede elétrica), ao longo de cerca de 1,50m. Um gráfico velocidade x tempo não mostra desvio da linearidade.
- Viscosidade: Esferas de aço de diferentes diâmetros (variando de 1,0 a 6,3 mm) são lançadas em um tubo cilíndrico (de raio de 2,5 cm) contendo óleo comercial (LUBRAX) e são medidos os tempos de queda em distâncias definidas, numa situação em que as esferas já atingiram sua velocidade limite. É salientado que, mesmo uma correção que inclua a proximidade das paredes do tubo, não é suficiente para explicar os resultados para as esferas maiores, com base na lei de Stokes. Gráficos comparativos mostram claramente o efeito da temperatura sobre os dados primários.

4. Uma Primeira Abordagem do Problema da Modelagem: Simplicidade

Uma primeira discussão que pode ser feita envolvendo modelamento é se os corpos em queda nos dois experimentos podem ser tratados como pontos materiais ou corpos extensos.

O que se observa no experimento de Queda Livre é que o efeito do atrito viscoso produzido pelo ar é desprezível nas condições do experimento, de modo que o elipsóide de revolução ("ovo" de lucite) pode ser tratado ou como ponto material ou como corpo extenso, equivalentemente. Por outro lado, no experimento de Viscosidade, esferas de diferentes raios têm diferentes comportamentos, sendo necessário considerá-las corpos extensos.

5. Comparação entre Queda Livre e Viscosidade

Nas condições do experimento de Queda Livre (tempo de queda de 0,5 segundo), o "ovo" de lucite está longe de atingir sua velocidade limite (decorrente do equilíbrio de forças), apresentando-se, mesmo, numa situação em que o efeito do atrito pode ser considerado desprezível (dentro da precisão das medidas). Isso equivale à região da Figura 1 em que as curvas tracejada e sólida são coincidentes. Contudo, caso se observasse a queda do "ovo" em uma distância maior, este atingiria a velocidade limite, conforme a Tabela 1. Nos casos em que há atrito

viscoso importante (como no experimento de Viscosidade), o corpo em queda atinge a velocidade limite (com 1% de precisão), após aproximadamente 6 vezes o "tempo característico", que é a razão entre a massa do corpo (m) e o coeficiente de atrito viscoso (b), para o regime de escoamento laminar.

Análise do experimento de Viscosidade com base em um modelo fluidodinâmico

Para a obtenção do coeficiente de viscosidade de um fluido (no caso, o óleo), no experimento de Viscosidade, foi adotado um modelo para a força de atrito viscoso atuante na esfera em queda. Trata-se, basicamente, da fórmula de Stokes com correções de primeira ordem pelo fato de o meio não ser infinito, ou seja,

$$F_a = - [1 + \alpha(r/R)] 6 \pi \eta r v, \quad (1)$$

onde r é o raio da esfera, R é o raio do tubo cilíndrico, η é o coeficiente de viscosidade e α é uma constante a ser determinada experimentalmente.

Quando a esfera atinge a velocidade limite (v_L), é possível obter, a partir do equilíbrio das forças atuantes na esfera, a seguinte expressão [4]

$$(9/2) [\eta / g (\rho - \rho_F)] [1 + \alpha(r/R)] = (r^2 / v_L), \quad (2)$$

onde ρ a densidade da esfera e ρ_F é a densidade do fluido.

A expressão acima pode ser linearizada, se adotarmos $x = (r/R)$ e $y = (r^2 / v_L)$ como variáveis. A linearização permite obter os valores de α e η .

A Figura 2 traz os resultados das medidas de vários grupos de alunos. Pode-se notar, nessa figura, dois grupos distintos de medidas, um realizado por turmas do período diurno e o outro por turmas do período noturno, e feitas sob condições de temperatura diferentes, mostrando, assim, o efeito da temperatura sobre o coeficiente de viscosidade η .

Também pode ser observado que o movimento das esferas maiores não é bem explicado por esse modelo, já que seria esperado um comportamento linear, ao se tomar $x = (r/R)$ e $y = (r^2 / v_L)$ como variáveis. Nota-se, no entanto, que o modelo adotado representa bem o movimento das esferas menores ($r < 1$ mm).

Um dos principais objetivos deste trabalho é mostrar aos alunos a importância de se fazer análises baseadas em modelos que permitam uma melhor compreensão dos fenômenos físicos, salientado a importância do tratamento adequado dos dados na obtenção de resultados confiáveis.

Tabela 1 - Valores de velocidade limite (v_L) e tempo característico ($t_c = m/b$) para diferentes corpos em queda em meio viscoso

Corpo	Meio	V_L (km/h)	T_c (s)
Esfera de aço ($\phi = 1$ mm)	óleo	0,0414(7)	0,0014
Óvo" de Lucite	ar	165	1,6
Gota de Chuva ($\phi = 1,5$ mm)	ar	27,0	0,25

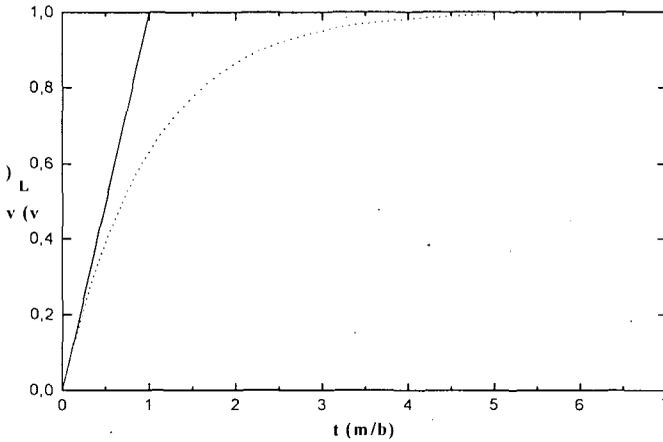


Figura 1 - Gráfico de velocidade em função do tempo. A linha tracejada refere-se ao Caso de queda em meio viscoso, enquanto a linha sólida corresponde à queda livre sem atrito viscoso. Fica claro que, para experiências com precisão típica de um laboratório didático, a queda pode ser considerada “livre” para $t < 0,2tc$ e que se tenha atingido a velocidade limite para $t > 6tc$.

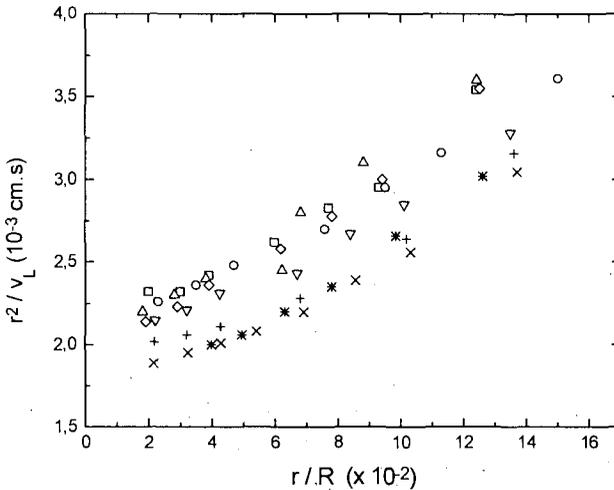


Figura 2 - Dados obtidos na experiência de Viscosidade, visando à obtenção do coeficiente de viscosidade do óleo

7. Referências

- [1] L.B. Horodynski-Matsushigue et al., Uma Proposta para o Laboratório Didático de Física no Primeiro Ano do 3º Grau: Física Experimental I e II no IFUSP, contribuição submetida a este Simpósio.
- [2] J.H. Vuolo, Fundamentos da Teoria de Erros, 2ª edição, Editora Edgard Blücher, São Paulo, 1996; e
L. B. Horodynski-Matsushigue et al., Teoria de Erros na Prática: I - Desvios Experimentais - seu significado e tratamento estatístico, a ser submetido para publicação.
- [3] D. Hestenes, Guest Comment: What do Graduate Oral Exams Tell Us, *Am. J. Phys.* **63**(1995)1069.
- [4] J.H. Vuolo et al., Apostila de Física Experimental II, IFUSP, 1991-1996.

O JOGO DE DADOS COMO ILUSTRAÇÃO DE CONCEITOS IMPORTANTES NA TEORIA ESTATÍSTICA DE ERROS

P.T.D. Siqueira, L.B. Horodynski-Matsushigue, P.R. Pascholati, V.R. Vanin, M.-L. Yoneama,
J.F. Dias, M. Amaku e J.L.M. Duarte (*siqueira@if.usp.br*)
Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Introdução

Tem-se como consenso, entre os professores de Física, que o aprendizado dos principais conceitos da Teoria Estatística dos Erros apresenta-se como uma séria dificuldade para os estudantes [1]. Por outro, existe uma preocupação crescente com a clara compreensão do conteúdo de informação presente nos dados experimentais, transcendendo-se, assim, os limites da aplicabilidade em Física [2].

A construção de uma visão crítica dos dados e dos procedimentos de medida torna-se mais fácil quando os contatos iniciais com estes parâmetros se fazem em situações controladas de Física Experimental, onde a repetição das medidas é possível. Esta abordagem tem-se mostrado importante para o sucesso de vários físicos que posteriormente ajudaram a desvendar novas fronteiras de pesquisa.

Estas constatações levaram a uma reformulação na abordagem didática da Teoria Estatística dos Erros do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Dois aspectos foram vistos como de fundamental importância na nova apresentação aos estudantes dos conceitos básicos desta teoria:

- - *sentir* a influência da aleatoriedade dos dados anteriormente a apresentação das *regras* de comportamento que dela derivam e
- - *comparar*, através de discussão em classe, os resultados obtidos *pelos próprios estudantes*.

O jogo de dados, proposto como a segunda atividade em classe, apresentou uma variedade de conceitos interessantes, que são explorados do ponto de vista didático [3]; destes, tratamos aqui, dos conceitos de distribuição limite e desvio padrão da média.

Jogo de Dados

O procedimento experimental adotado para abordar os tópicos de interesse constou de um conjunto de dez dados, com duas faces marcadas cada um [4], que eram lançados e o número daqueles, cuja face marcada mostrava-se para cima (sucessos), era anotado.

Repetiu-se o procedimento de se jogar os 10 dados 500 vezes para cada grupo de alunos. Estas 500 jogadas ($N = 500$) foram obtidas em

grupos de 5 x ($N=10$) e 9 x ($N=50$) jogadas. O intuito de tal fragmentação das amostras deve-se a possibilidade de se comparar diversas amostras de diversos tamanhos ($N = 10, 50$ e 500) entre si com amostras de tamanho crescente.

Distribuição Limite

Levando em conta inexequibilidade de se chegar à distribuição limite com resultados de medidas, em virtude da impossibilidade de se manter as mesmas condições de medida por longos períodos, trabalha-se com os resultados obtidos no jogo de dados para se construir e comparar os histogramas de $N_y \times y$ (onde N_y é a frequência absoluta de cada evento y , sendo este o número de sucessos) com amostras de $N = 10, 50$ e 500 (Figura 1), induzindo nos estudantes a expectativa de algo como uma distribuição limite, melhor definida conforme N aumente. Com a comparação entre os dados de todas as turmas, pode-se comparar histogramas $N_y \times y$ para amostras de $N= 4.000$, bem como os dados de $N = 46.500$ com a probabilidade da distribuição binomial para $n = 10$ tentativas e probabilidade de sucesso $p = 0,33\bar{3}$ para cada dado (Figura 2):

$$N_y = N \times P_{10}(y) = \frac{10!}{y!(10-y)!} p^y (1-p)^{10-y} \times N$$

Desvio Padrão da Média

A associação da largura de uma distribuição, através de seu desvio-padrão como estimador, com a incerteza dos dados experimentais, é um conceito de difícil assimilação pelos alunos [1]. Na prática, a grande maioria dos estudantes associa a largura de uma distribuição experimental como um indicativo direto da incerteza no valor médio e esperam, portanto, a redução no valor desta estimativa conforme o número N de eventos aumente. Mostra-se, contudo, com este experimento (Figura 1 e 2), que a largura da distribuição é uma característica do processo de medida como um todo e que, portanto, sua estimativa varia em torno de um valor constante, independentemente do número N de eventos que se considere.

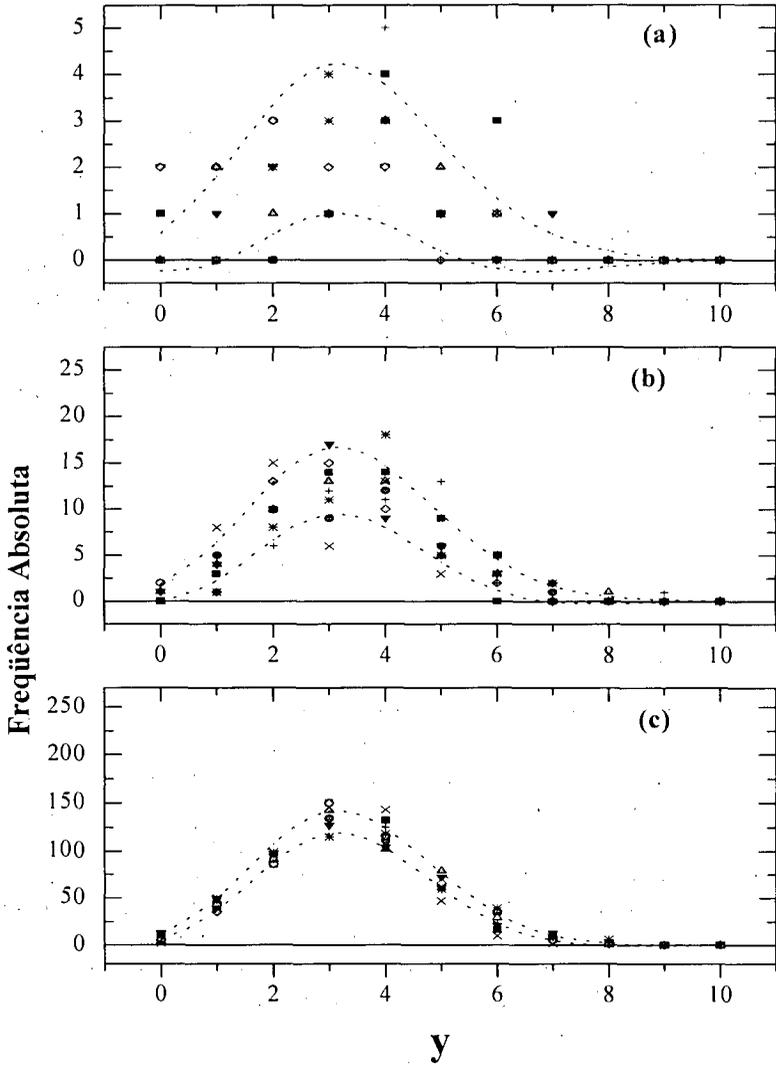


Figura 1 -Histogramas dos resultados obtidos por oito diferentes grupos para $N = (a)10, (b) 50$ e $(c) 500$.

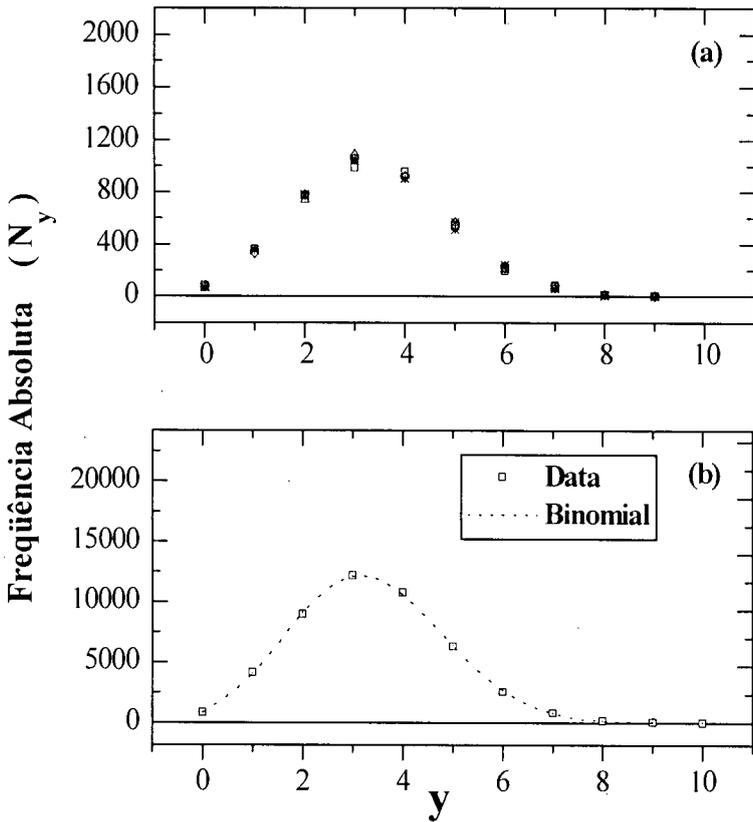


Figura 2 - Histogramas dos resultados obtidos por oito diferentes grupos $N =$ (a) 4.000 e de toda a classe $N =$ (b) 46.500 sobrepostas à distribuição binomial.

O encaminhamento na apresentação do conceito de desvio padrão da média faz-se pela construção de histogramas dos valores médios (médias) obtidos a partir de conjuntos com N eventos cada. Na Figura 3 são apresentados os histogramas de, aproximadamente, médias para $N = 10, 50$ e 500 onde enfatiza-se que embora os valores médios das médias sejam praticamente os mesmos, para os diferentes N 's, a dispersão das médias histogramadas difere na proporção de $1/\sqrt{N}$, visível pela diminuição considerável da largura dos histogramas, conforme N aumenta.

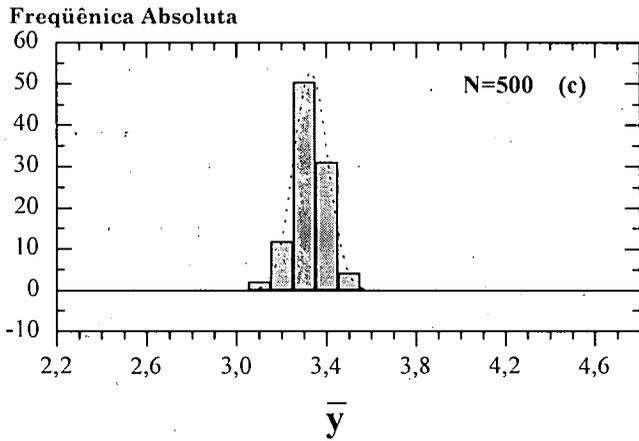
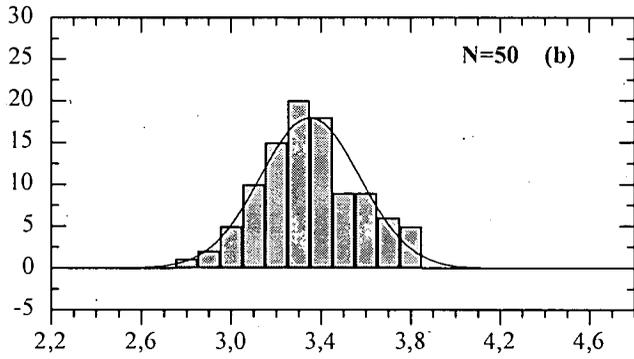
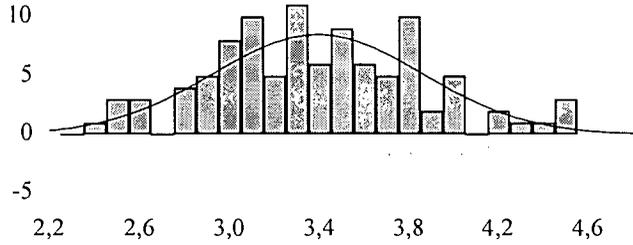


Figura 3 - Histogramas dos valores médios obtidos para N = (a) 10, (b) 50 e (c) 500

Conclusão

O jogo de dados apresenta-se como uma experiência com alta potencialidade de extração de informações estatísticas que, além das apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3, ainda inclui o estudo da variabilidade do desvio-padrão em amostras de diversos tamanhos e da flutuação estatística esperada em cada canal de um histograma. Em virtude da sua alta reprodutibilidade e relativa facilidade no entendimento dos parâmetros pertinentes pode, pois, ser didaticamente explorada para a solidificação de conceitos da Teoria Estatística de Medidas [5] de difícil assimilação.

Referências Bibliográficas

- [1] R. Journeaux e M.G. Seré, *Traitement Statistique des Incertitudes en Physique: Problèmes Scientifiques et Didatiques*, Eur. J. Phys. **15**; 286(1984).
- [2] B.T. Bates, S. Zhang, J.S. Dufek e F.C. Chen, *The Effects of Sample Size and Variability of the Correlation Coefficients*, Med. Sci. Sports. Exerc. **28**; 386(1996).
- [3] L.B.Horodynski-Matsushigue et al., *Gambling as a Teaching Aid in the Introductory Physics laboratory*, a ser submetido ao *European Journal of Physics*.
- [4] Esta experiência foi introduzida na disciplina laboratório de Física I (Física Experimental I) em 1991 por J.H.Vuolo.
- [5] J.H. Vuolo, *Fundamentos da Teoria de Erros*, 2ª edição, Editora Edgard Blücher, 1996.

A HISTÓRIA DA CIÊNCIA, A FILOSOFIA DA CIÊNCIA, E O ENSINO DA MECÂNICA QUÂNTICA

André Ferrer Pinto Martins - Edmundo Graballos Júnior (*aferrer@if.usp.br*)
Instituto de Física e Faculdade de Educação - USP

Seria possível executarmos uma medição em um sistema, aqui na Terra, e afetar *instantaneamente* outro sistema a anos-luz daqui? A ação instantânea a distância, presente nas idéias de Newton, estaria de volta à Física disfarçada na (possível) não-localidade da Mecânica Quântica? Em que medida o Princípio da Complementaridade tornou-se um “dogma”?

A importância da utilização da História da Ciência (HC) e da Filosofia da Ciência (FC) no ensino de Ciências em geral, e da Física em particular, tem sido apontada por diversos autores, tanto no Brasil como no exterior. De fato, há um crescente número de trabalhos que enfocam, direta ou indiretamente, essa questão que, por sua vez, tem despertado interesse num número cada vez maior de pesquisadores.

Acreditamos que a HC e a FC têm muito a contribuir para o ensino da Física, tanto no que se refere à escolha e desenvolvimento de conteúdos, como também no que diz respeito à formação das pessoas em geral (alunos, professores, professores de Física, pesquisadores etc). Uma “justificativa” mais ampla dessa posição, porém, foge às intenções desse pequeno trabalho⁵⁵.

Por outro lado temos compartilhado, nos últimos anos, tentativas de inserção da chamada “Física Moderna” na escola média. Para que isso possa realmente acontecer, a Física desse século (que deve chegar às salas de aula antes que ele acabe!) deve ser parte integrante da formação do professor que, no que tange a esse aspecto, acaba por vezes ficando limitada apenas a livros de divulgação científica.

A idéia desse trabalho é abordar algumas questões relevantes para o ensino da Mecânica Quântica no 3º grau, seja na formação de pesquisadores, seja na formação de professores de Física que pretendam, em algum momento, inserir tópicos de “Física Moderna” no 2º grau. Faremos, para tanto, uso da HC e da FC, procurando ressaltar como esses elementos podem contribuir nesses casos. Não podemos esquecer, entretanto, que essas contribuições serão diversificadas, uma vez que no campo histórico há diferentes enfoques, desde o “positivismo” até interpretações “dialéticas”. O mesmo vale no campo filosófico, onde diferentes referenciais teóricos podem ser adotados.

O debate Einstein-Bohr, mais intenso entre os anos de 1927 e 1935, suscitou uma série de questões altamente relevantes para a Mecânica

55 Uma discussão mais aprofundada dessa questão encontra-se em: ZANETIC(1990).

Quântica, em particular, e para a FC, em geral. No famoso artigo de 1935, Einstein, Podolsky e Rosen (EPR) consideraram duas partículas em um estado quântico puro e correlacionado (“emaranhado”), mas separadas a uma grande distância. Argumentaram de forma engenhosa que a teoria quântica seria incompleta, já que a escolha do experimentador com relação a qual observável medir em uma das partículas não poderia afetar instantaneamente a realidade associada a outra partícula, a distância.

A resposta de Niels Bohr veio em seguida, proibindo que um “fenômeno quântico” pudesse ser analisado em partes, pois esse formaria uma totalidade indivisível. Em retrospecto, isso pode ser considerado uma aceitação da não-localidade ao nível do formalismo quântico, mas não ao nível da realidade. Mas a resposta de Bohr não foi muito clara, e a discussão tem continuado até hoje.

Em 1936, W.H.Furry publicou um artigo onde mostrou que se as duas partículas consideradas por EPR forem preparadas por um “método A” em um estado “fatorado”, no qual elas não estão ligadas pela não-localidade ao nível do formalismo quântico, então há experimentos possíveis que distinguem o caso quântico “emaranhado” do caso “fatorado”.

Em 1957, Bohm e Aharonov perceberam que um experimento já havia sido feito alguns anos antes (por Wu e Shaknov), que mostrava que o estado dos fótons emitidos no aniquilamento e^+e^- era do tipo “emaranhado” previsto pela Mecânica Quântica, e não do tipo obtido pelo “método A” descrito por Furry.

Essa história, de certo modo, é uma antecipação da desigualdade que J.S.Bell derivaria sete anos depois, pondo em evidência a estranha noção de não-localidade.

Outra polêmica de caráter filosófico (esta bem mais recente) é a questão colocada por A.J.Leggett sobre a Complementaridade na Mecânica Quântica, muito enfatizada por Niels Bohr. Num de seus artigos, Leggett utiliza-se de experimentos hoje factíveis, mas realizáveis apenas em pensamento na época de Bohr, para reinterpretar não apenas as relações entre microestados (quânticos) e macroestados (aparelhos), como também as limitações impostas por Bohr ao Princípio da Complementaridade e à observação de interferência.

Bohr defendia que: entidades macroscópicas não possuem propriedades se desvinculadas de aparelhos macroscópicos; arranjos experimentais (macro) devem ser expressos em termos clássicos; o micro e o macro estão ligados por um elo não analisável; e, pela complementaridade, arranjos experimentais diferentes excluem-se mutuamente, enquanto o resultado das medições são complementares. Leggett define o “Macrorrealismo”, com o qual questiona até onde a Quântica é a última e mais completa verdade a respeito do universo físico.

Esses são apenas alguns dos vários questionamentos filosóficos que surgiram no desenvolvimento da teoria quântica. O estudo histórico permite-nos, através da riqueza dos debates, uma discussão aprofundada sobre os fundamentos da Física, bem como a compreensão das diferentes interpretações da Mecânica Quântica.

Um ensino, seja ele de segundo ou terceiro grau, que se balize numa visão dinâmica da Ciência, onde o fazer científico tem uma dimensão histórico-social, deve necessariamente trazer à baila essas questões fundamentais. E a teoria quântica representou uma profunda revolução⁵⁶ na visão do homem sobre a natureza, a ponto de contribuir de modo essencial para o surgimento de novas visões sobre a relação sujeito-objeto, cerne de qualquer atividade científica⁵⁷.

Trabalhar com os alunos as diferentes interpretações da Mecânica Quântica, bem como suas “contradições” com o mundo clássico, permitirá que eles não cristalizem, desde cedo, conceitos e imagens próprios da Física desenvolvida até o final do século XIX, dominante nos livros didáticos (algo como um “senso comum científico”)⁵⁸. Trata-se, antes disso, de “ampliar os horizontes”, mostrando a Ciência como um fazer humano, em toda sua riqueza.

Bibliografia

- BACHELARD, G. - O Novo Espírito Científico, Rio de Janeiro, Tempo Brasileiro, 2ª edição, 1985.
- BELL, J. S. - “Sobre o Problema das Variáveis Ocultas em Mecânica Quântica” - Trad. Pessoa Jr., O. - in: Cadernos de História e Filosofia da Ciência Série 3, 2(2), pp.243-257, 1992.
- BOHM, D. and AHARONOV, Y. - Discussion of Experimental Proof for the Paradox of Einstein, Rosen, and Podolsky, Phys. Rev. 8, pp.1070-1076, 1957.
- BOHR, N. - “A Descrição da Realidade Física Fornecida pela Mecânica Quântica Pode Ser Considerada Completa?”- Trad. Pessoa Jr., O. - in: Cadernos de História e Filosofia da Ciência 2, pp.96-104, 1981.
- EINSTEIN, A., PODOLSKY, B. e ROSEN, N. - “A Descrição da Realidade Física Fornecida pela Mecânica Quântica Pode Ser Considerada Completa?”- Trad. Pessoa Jr., O. - in: Cadernos de História e Filosofia da Ciência 2, pp.90-96, 1981.
- FURRY, W. H. - Note on the QM'cal Theory of Measurement, Phys. Rev. 49, pp.393-399, 476, 1936.
- KUHN, T. S. - A Estrutura das Revoluções Científicas, Trad. Boeira, B. V. e Boeira, N., São Paulo, Perspectiva, 2ª edição, 1987.

56KUHN(1987).

57BACHELARD(1985).

58Refiro-me aqui aos “obstáculos epistemológicos” de BACHELARD.

LEGGETT, A. J. - "Quantum Mechanics at the Macroscopic Level" - in de Boer, J.; Dal, E. & Ulfbeck, O. (orgs): The Lesson of Quantum Theory, Elsevier, Amsterdam, pp.35-57, 1986.

ZANETIC, J. - Física também é Cultura - tese de Doutorado, São Paulo, FEUSP, 1990.

AS INTERFACES DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

Edmundo Graballos Júnior - André Ferrer Pinto Martins (*aferrer@if.usp.br*)
Instituto de Física e Faculdade de Educação - USP

Qual a relação entre a Ciência e o Anarquismo? E entre a Física e a Literatura? Que tipo de práticas pedagógicas poderiam lançar mão de aspectos dessas possíveis relações?

Apesar de inúmeros esforços, a escola tradicional tem perpetuado conteúdos e métodos de ensino de Física, determinados, muitas vezes, por demandas uniformizadoras e distantes das realidades dos alunos, como o vestibular. Despreocupada com a formação de indivíduos questionadores, ela acaba privilegiando apenas a informação que, na verdade, pouco informa. Além disso, percebemos que o ensino da Física utiliza, em geral, as mesmas linguagens usadas na produção e desenvolvimento do conhecimento científico.

Como conseqüências temos observado um ensino pouco crítico, a-histórico, desmotivador, e que não explora nem incentiva a criatividade em sala de aula: é a chamada "Física escolar"⁵⁹.

Currículos compartimentalizados, conteúdos distribuídos em estanques muito bem definidos e isolados entre si, refletem, entre outras coisas, a necessidade de buscarmos práticas interdisciplinares que desenvolvam o potencial crítico, criativo, lúdico e transformador da dinâmica escolar.

Nesse sentido, as interfaces da Física podem fornecer subsídios que orientem esta busca, e que levantem novas questões que realimentem esta orientação.

Com relação especificamente às interfaces da Ciência com a Literatura e com o Anarquismo, este trabalho propõe uma abordagem alternativa de dois tópicos do conteúdo tradicional de Física do currículo de segundo grau: Óptica e Gravitação.

As práticas apresentadas a seguir foram concebidas durante a disciplina "Ciências e Linguagens na Escola - O Jogo do Experimentar", ministrada pelos professores Moacyr R. do Valle Filho e Hercília T. de Miranda, da FEUSP.

O exercício proposto foi o de transformar em experiência significativa uma atividade que, normalmente, não é fonte de inspiração e questionamentos para os alunos, seja por possuir um formato comum e rotineiro, seja pelo fato do tema ser apresentado de forma exclusivamente formal e exageradamente "matemática", ou ainda, por se julgar que este

⁵⁹Essa expressão é utilizada por ZANETIC(1990), que a caracteriza de modo mais amplo.

determinado tópico é um tanto quanto irrelevante e, assim, abordá-lo de maneira displicente.

Atividade 1: Óptica

Essa atividade insere-se em um curso de Óptica voltado para o segundo grau (regular ou supletivo). Nesse sentido, ela não se desvincula de um certo contexto, que explicitarei (na medida do possível) mais à frente.

Procurei analisar como um dos livros didáticos mais adotados pelas escolas trabalha a questão da reflexão da luz. Especificamente, encontrei na formação de imagens por espelhos planos um exemplo de uma abordagem que considero pouco motivadora, pobre, e que poderia ser modificada.

A maneira pela qual o livro trabalha essa questão encontra-se em: "Os Fundamentos da Física" - Vol.2 - Ramalho, Nicolau, Toledo - Ed.Moderna, 6ªed., 1993, página 249.

A abordagem que estou propondo apresenta os seguintes pontos principais:

- Discussão sobre a "lei da reflexão" a partir da experiência (EXP.1: fonte de luz, espelho plano, papel).
- Elaboração de uma pequena estória a partir de uma figura e de uma palavra-chave, que seria formada com as *imagens* das letras distribuídas para os alunos. A "regra" adotada implica que nem todas formarão imagens que sejam letras "válidas".
- Superados esses dois momentos, o problema da localização da imagem num espelho plano poderia começar com uma tentativa de "decifrar" a figura a que o texto "*Uma prova em versos*"⁶⁰ se refere. A construção da figura é um exercício de interpretação, e pode gerar questionamentos interessantes quanto às propriedades dos espelhos e da luz.
- Outras experiências ajudariam os alunos a retrabalharem o teorema demonstrado, chegando agora a ele pela via experimental (EXP.2: espelho plano, isopor, alfinetes, papel, transferidor; EXP.3: vela, vidro, papel).
- Como um todo, a questão da reflexão merece também outras abordagens. Daí a presença de outros textos ("*O Bêbado e a Equilibrista*"⁶¹ e "*Madrigal*"⁶²), que podem ser interpretados, discutidos, "desenhados" etc.
- Além disso, o próprio significado da palavra "*reflexão*" pode ser aprofundado. Um pequeno texto ("*O Espelho no Escuro*"⁶³) pareceu-me adequado para detonar uma discussão desse tipo.

60MARIGHELLA(1994).

61Música de ALDIR BLANC.

62BANDEIRA(1970).

63QUINTANA(1988).

Afinal, o espelho é misterioso, enigmático, cria ilusões. O que não poderíamos fazer a partir do "binômio fantástico"⁶⁴ reflexão-espelho, por exemplo?

Atividade 2: Gravitação

A interface entre a Ciência e o Anarquismo manifesta-se aqui sob a forma do Ensino de Física via Pedagogia Libertária. Esta pedagogia baseia-se na solidariedade, na autogestão, na liberdade coletiva e no anti-autoritarismo. Portanto, uma prática que incorpore estes elementos deve atentar não apenas para os tópicos do conteúdo formal, como também para as questões presentes em qualquer dinâmica de grupo, tais como: responsabilidade, autonomia, criatividade, liderança, comunicação, liberdade, confiança, ludicidade, linguagens (verbais e não verbais), entre outros.

Nesse sentido, modelar uma aula com um formato alternativo consistiu em três fases, que serão chamadas de: preparo, aplicação, e discussão.

a) preparo: engloba a definição e modelamento do *tema/jogo/atividade*, concebendo desde seu cenário e regras até seu conteúdo e objetivos.

- o *tema* escolhido foi a Gravitação, explorando os seguintes tópicos: força/campo/aceleração gravitacionais; centro de massa; pêndulo físico e torque; graus de liberdade; queda livre.

- o *jogo* utilizado é o "João-Bobo": de olhos fechados, corpo rígido, pés unidos, os participantes tentarão explorar todo o espaço possível ao seu redor, enclinando-se para todos os lados possíveis, até o limite do equilíbrio, sem mover os pés do lugar.

- a *atividade* será brincar de João-Bobo das seguintes maneiras: sozinho; 2 a 2; 3 a 3; 5 a 5; 10 a 10; e todos juntos. Durante a brincadeira, deve-se procurar sentir a ação da gravidade sobre o próprio corpo, tendo em mente não só os tópicos relativos ao tema (força, balanço, queda, etc...), como também os próprios sentimentos (prazeres e/ou dores), tais como os medos, as ansiedades, a relação com os companheiros, a entrega (ou não) ao exercício, as fases do jogo que foram mais marcantes, etc...

- a brincadeira pode, a princípio, ser feita em sala de aula, com a luz apagada e com uma música suave de fundo.

b) aplicação: consiste basicamente em o professor liderar a atividade numa interação atenta com o grupo; o que inclui: voz de comando conveniente, observação consciente, participação ativa, contato direto, direcionamento maleável com dinâmica aberta;

- explicar a atividade para os alunos e introduzir o conteúdo formal, no caso a gravitação, de maneira informal: mostrando um pêndulo, equilibrando um objeto qualquer, ilustrando a parábola da queda de um

⁶⁴Esse termo é usado por RODARI(1982).

giz ao ser lançado a ângulos diferentes, saltando, etc...; alertar cuidados p/ prevenir acidentes: quando for apoiar a inclinação do companheiro, colocar uma das pernas para trás, apoiar o parceiro com as mãos no ombro dele (nunca nas costas), evitar dar trancos, não enclinar muito o corpo do parceiro, soltar o corpo apenas quando outra pessoa já o estiver segurando.

- propor as questões: “o que te puxa para baixo?” ; “o que não te deixa cair ?” ; “há contato ou não ?”; “é força, campo ou aceleração ?”; “de onde vem ?” ; “qual João-Bobo é + gostoso, sozinho ou todos juntos ?”; e outras; iniciar a atividade com a música suave e a luz apagada; a voz de comando deve ser calma e serena; as questões devem ser diluídas durante a música, e não colocadas de uma só vez; a partir do “João Bobo” em duplas, a luz deve estar acesa e a música ir ficando mais animada; o tempo de cada fase da brincadeira pode ser determinado pelo professor - sugestão: 5 minutos.

c) discussão: bate-papo informal com o grupo, procurando enumerar as sensações que cada um tenha considerado relevantes para si, não apenas as relacionadas com o tema científico específico da aula, mas também, as relativas à proposta mais geral, implícita em seu formato.

Bibliografia

- BACHELARD, G. - La Poétique de la Rêverie, Paris, Presses Universitaires de France, 1960.
- BANDEIRA, M. - “Carnaval” - in: Estrela da Vida Inteira, Rio de Janeiro, José Olympio/INL, 2ª edição, 1970.
- HUIZINGA, J. - Homo Ludens: o Jogo como Elemento da Cultura, Trad. Monteiro, J.P., São Paulo, Perspectiva/EDUSP, 1971.
- MARIGHELLA, C. - Rondó da Liberdade, São Paulo, Brasiliense, 1994.
- QUINTANA, M. - Porta Giratória, São Paulo, Globo, 1988.
- RODARI, G. - Gramática da Fantasia, Trad. Negrini, A., São Paulo, Summus Editorial, 7ª edição, 1982.
- ZANETIC, J. - Física também é Cultura - tese de Doutorado, São Paulo, FEUSP, 1990.

A PROBLEMÁTICA DO ENSINO DE FÍSICA NA MICRO-REGIÃO DO CARIRI - CE

Francisco Augusto S. Nobre (URCA); Cícera A. Guedes (URCA)

Este trabalho visa mostrar a situação do ensino de Física na Micro-Região do Cariri - CE e relacionar a formação acadêmica dos professores de Física do ensino de segundo grau e a falta de laboratórios de Física Básica, com o comprovado baixo aproveitamento dos estudantes na disciplina de Física. Finalmente propomos algumas alternativas para solucionar o problema.

1. Introdução

O ensino em nosso país tem passado nos últimos anos por alterações e, como não podia deixar de ser, o ensino de Física vem sofrendo reflexos destas mudanças. Entre muitos, um dos fatores que contribuem para um ensino de Física ineficiente é a formação dos professores, tendo por trás a atual estrutura de ensino do país, a qual leva a algumas distorções, como por exemplo, uma objetividade exagerada que busca o ensino somente com o intuito do estudante passar no vestibular. Tudo isto torna a disciplina de Física algo inacessível e fora da realidade.

O ensino de Física no Estado do Ceará, acreditamos que em todo o país, não é dado de maneira satisfatória. Não necessariamente pela falta de capacidade intelectual dos professores, mas principalmente por sua formação. Raríssimos são os professores de Física da rede secundária de ensino do Ceará que são Licenciados ou Bacharéis em Física, Licenciados em Ciências com Habilitação em Física ou que tenham alguma pós-graduação em Física. Professores com tal formação só se encontra nas Escolas Técnicas Federais, em alguns colégios públicos do Estado e do Município e raramente em colégios privados.

O que se observa na maioria das vezes, nos cursos de Física de segundo grau, é a fraca abordagem conceitual. Sendo este um problema tão grave quanto a falta de laboratórios. Usa-se geralmente apostilas resumidas, onde se mostra basicamente uma fórmula e em seguida uma série de exercícios repetitivos, tornando o estudante capaz de resolver certos tipos de problemas, mas com muita dificuldade em discutir os fenômenos físicos. Esta realidade do ensino de Física é mais intensa no interior do Estado, e o Cariri não foge a esta regra. Precisando, portanto, criar meios para mudar esta realidade.

2. Metodologia

A pesquisa consiste em visitar colégios de segundo grau da Micro-Região do Cariri (Públicos e Privados) e solicitar o preenchimento de

questionários quanto a formação dos professores, condições de laboratórios e rendimento dos estudantes, utilizando as médias finais de 1995. Aplicamos também, junto a estudantes do primeiro semestre da Universidade Regional do Cariri, uma prova diagnóstica de conceitos de Física Básica e utilizamos também as notas obtidas no vestibular de 96/2 da URCA (Universidade Regional do Cariri). A partir disto, faz-se um comparativo entre todos os dados coletados.

3. Resultados e Análise

A Micro-Região do Cariri localizado no extremo sul do estado do Ceará é composto de 8 municípios, com uma população em torno de 500 mil habitantes. A Região é assistida por 35 colégios de ensino de segundo grau, sendo 20 públicos e 15 privados. Vejamos a tabela abaixo:

	Condições de Laboratórios			Formação dos Professores		Média de Rend. dos estudos		
	Não existe	Pre-cário	Exis-te	Fís.	Não tem fom. em Fís	95	96	Prova diag.
Púb	100%	0%	0%	20%	80%	50%	-	30%
Priv	68%	16%	16%	8%	92%	70%	-	35%

Acreditamos que as notas obtidas com a aplicação das provas diagnósticas, as quais são baixíssimas, espelha mais a realidade, pois estas não possuem os artifícios usados pelos colégios, principalmente particulares, para aprovação dos estudantes por notas. Veja que as notas cedidas pelos colégios e as notas da prova diagnóstica se aproximam no caso dos colégios públicos e no caso dos colégios privados se afastam mais. A razão disto é que a prova diagnóstica é basicamente conceitual, o que mostra que mesmo nos colégios privados, supostamente com melhores condições de ensino, o aprendizado de Física também é insatisfatório. Observa-se também que, simplesmente, não existem laboratórios de Física Básica nos colégios públicos e, quanto aos privados, a situação também não é satisfatória. Quanto aos professores, como já era esperado, a grande maioria não tem nenhuma formação em Física.

Neste momento, reflete-se sobre a ineficiência do ensino de Física, que tem sido realizado basicamente com o objetivo da aprovação no vestibular. No entanto, sabe-se que as notas obtidas pelos estudantes na prova de Física em Concursos de Vestibular são péssimas. Como exemplo veja o quadro abaixo que mostra as notas em Física do vestibular 96/2 da URCA. Observa-se que estas são equivalentes às obtidas na prova diagnóstica, mesmo para os aprovados no vestibular.

Média Geral	2,7
Média dos Aprovados	3,5

4. Conclusões e Sugestões

Mesmo conscientes que a inexistência de laboratórios de Física Básica nas escolas prejudica bastante o aprendizado, acreditamos que a formação dos atuais profissionais de ensino de Física da região é também um fator decisivo para o baixo aproveitamento dos estudantes.

A criação de um curso de Licenciatura em Física na região, no caso, na Universidade Regional do Cariri, poderia ajudar a resolver a longo prazo esta questão. Com relação aos atuais profissionais de ensino de Física, pode-se montar cursos de reciclagem ou mesmo criar um curso de especialização em ensino de Física.

Com relação aos laboratórios de Física, deve-se continuar a conscientizar os professores, direção dos colégios e governo quanto a necessidade dos mesmos e, paralelamente, incentivar e preparar estes professores a realizarem na própria sala de aula experimentos com aparato simples, utilizando material reciclado, pois sabemos que o experimento em Física é essencial para o aprendizado.

É claro que as causas deste ensino deficiente são muitas, como o sistema de ingresso nas Universidades, a desvalorização do profissional de ensino, a criação de puras escolas-empresas, a falta de verbas para educação, etc. Mas, acreditamos que a falta de profissionais de ensino de Física com formação acadêmica em Física, surge como um fator a mais para agravar esta situação. Isto se evidencia mais nas provas diagnósticas e no resultado do vestibular, onde é cobrado dos estudantes que se conheça os fundamentos de Física Básica.

DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA NO OPTICKS DE NEWTON

Edison Amaro da Silva
Amélia Império Hamburger
Instituto de Física - Universidade de São Paulo

É conhecida e propalada nos livros de Física, tanto de Colegial quanto nos livros de Física Geral dos cursos universitários, a interpretação corpuscular de Newton para a luz e sua “derrota” pela teoria ondulatória, de Huygens a Maxwell.

Mas, até onde podemos considerar a teoria newtoniana para a interpretação da natureza da luz como sendo somente corpuscular?

Essa versão tem uma relação muito forte com a experiência de Newton sobre a composição da luz branca: o “*Experimentum Crucis*” (Livro I, Parte 1, Experiência 6).

Nesta experiência, ao fazer a luz branca que entra por um pequeno orifício na parede de um quarto passar por um prisma e se decompor nas cores do arco-íris, Newton argumentou que a cada cor deveria corresponder um conjunto de características que, portanto, não poderiam vir apenas de movimentos ondulatórios, pois estes poderiam, em princípio ser alterados. Newton argumenta que essa característica intrínseca dos raios monocromáticos fica evidente quando, através de outras experiências (reflexões e refrações) ele provocou novas formas de interação com os raios de luz monocromáticos sem modificar sua cor (Proposição 2, Teorema 2, Livro I, Parte 2).

Através do “*Experimentum Crucis*” Newton deixa claro a existência de uma característica intrínseca associada a cada cor do espectro. E esta característica tem um aspecto nitidamente corpuscular dentro da sua “doutrina” de que a luz e a matéria têm a mesma natureza, de partes mínimas. E, entretanto, no Opticks como um todo de idéias percebemos, ao sermos confrontados com as várias experiências, que a interpretação da natureza da luz, para Newton, não se restringe a esta visão.

A visão corpuscular é bem enraizada historicamente, dentro do corpuscularismo da constituição da matéria; por exemplo, nos escritos de Empédocles (500-430 a.C.) já se apresentavam indícios da teoria corpuscular da luz ao considerar a luz como uma emanção emitida por todos os corpos. Para Empédocles a matéria deveria ser constituída de partículas elementares sólidas. Na Idade Média, Robert Grossetest, considerava a luz (*lux*) como a primeira forma corpórea. Para Grossetest a luz se propagava instantaneamente em linha reta em todas as direções.

A complexidade da interpretação newtoniana da natureza da luz fica evidente ao longo do OPTICKS. Nós a destacamos aqui em três

momentos: 1) na definição de raio de luz; 2) no conceito de *fits* e 3) nas Questões propostas no final da obra.

1) Definição de Raio de Luz:

Na primeira parte do Livro I, Newton apresenta oito Definições. A primeira delas é a definição de raio de luz, a qual diz:

“Por raios de luz entendo suas menores partes e as que são, tanto sucessivas nas mesmas linhas, quanto contemporâneas em várias linhas”

Nesta definição, Newton mostra a sua visão corpuscular da luz, ao definir o raio de luz por “suas menores partes”. Mas, para Newton, o raio de luz não é caracterizado apenas por estas partes, mas também pela sua contemporaneidade e sucessão (como numa frente de onda).

O tempo (contemporaneidade e sucessão) está presente nessa definição em relação a posições ocupadas e, de forma complexa e não explícita, define relação no espaço. O cuidado de Newton era para não serem definidas ondas que se assemelhassem às ondas mecânicas.

2) Conceito de *fit*.

No Livro II do OPTICKS, Newton faz um estudo detalhado dos anéis de cores produzidos por lâminas finas, as quais ficaram conhecidos como “*Anéis de Newton*”. Em seguida, se põe a explicar esses fenômenos. Para isto, Newton cria um novo conceito: o conceito de *fit*.

Esse conceito é apresentado na parte 3 do Livro II; na Proposição 12 e na Definição que a acompanha, voltando à mesma nas proposições seguintes.

Para Newton, ao atravessar qualquer superfície refratora, o raio de luz “*assume uma certa constituição ou estado transitório que ao longo da trajetória do raio retorna em intervalos iguais e faz com que em cada retorno o raio tenda a ser facilmente transmitido através da próxima superfície refratora e, entre os retornos, a ser facilmente refletido por ela*”

Newton chama os retornos às tendências ou disposições (estados) que colocam o raio luminoso para ser refletido, de *fits* de fácil reflexão e, os que colocam o raio para ser refratado, de *fits* de fácil transmissão.

M. Schenberg aponta que esse conceito de *fits* em Newton poderia ser associado ao conceito de probabilidade de ser refletido ou refratado.

3) Nas Questões:

Na Parte I do Livro III, Newton apresenta um conjunto de 31 Questões; e em várias destas Questões a interpretação corpuscular e ondulatória aparecem.

Na Questão 13, Newton associa as diferentes cores com vibrações de grandezas diferentes; chegando a comparar essas vibrações e as sensações de cores com as vibrações sonoras e as sensações sonoras diversas.

Na questão 17, Newton usa o exemplo da propagação da vibração produzida por uma pedra na superfície de uma água parada para explicitar a realação entre “as ondas de vibração” no meio com os *fits* de reflexão e refração da luz.

Na questão 23, a interpretação da luz como onda surge novamente e Newton nitidamente defende a idéia de que a visão seria causada por vibrações do “aethereal medium”. Ao atingirem o nervo ótico, as vibrações produziriam (no lugar da sensação) a visão das coisas assim como o som, sendo uma vibração deste meio ou de outro, é percebido nos nervos auditivos pelas vibrações do ar e que ao atingirem o lugar da sensação produzem a audição.

Newton não apresentou explicitamente a natureza da luz como a onda-partícula da física do Século XX; mas lá está certamente uma forma de compreensão dessa idéia. Os motivos que levaram Newton a dar uma interpretação dual são da mesma ordem de necessidade das teorias da Física Moderna: como dar uma interpretação para a natureza da luz, diante de aspectos que a assemelham com corpúsculos e outros que a assemelham com movimentos ondulatórios?

Newton não afirmou que sua interpretação era uma visão de dualidade onda-partícula, mas dava a entender. Para ele, a luz possui tanto propriedades corpusculares quanto ondulatórias.

Bibliografia:

- ABRAMOF, P.G. Um Estudo do Opticks de Newton: Aspectos do Pensamento Newtoniano e dos seus Métodos de Trabalhar em Física. IFUSP, São Paulo, 1989.
- DIRAC, P.A.M. The Principles of Quantum Mechanics. Oxford Univ. Press, ed. 1956.
- MACH, The Principles of Physical Optics: An Historical and Philosophical Treatment. Dover Publications, Inc., New York, 1926.
- NEWTON, Isaac. Opticks or treatise of reflections, refractions, inflections and colours of light. Dover Publications, Inc., New York, 1979.
- NEWTON, Isaac. Óptica. Trad. André K.Torres Assis, Edusp, São Paulo, 1996.
- PENROSE, R. Newton, quantum theory and reality. In: “300 Years of Gravitation”. Hawking, S and Israel, W. (Eds) Cambridge University Press, Cambridge, 1989
- SCHENBERG, M. Pensando a Física. 4a. edição, Nova Stella Editorial, São Paulo, 1990.

"TOTALIDADE" NA VISÃO REALISTA DA COMPLEMENTARIDADE DE DAVID BOHM

Tanimara Soares da S. Amadeu

David Bohm é conhecido por suas teorias de variáveis ocultas, entretanto seu livro de 1951, *Quantum Theory*, é pouco lido. Sua visão da Mecânica Quântica, nesta época, se baseia no conceito de totalidade, enfatizando "que não há um mecanismo completamente determinístico que possa explicar corretamente a dualidade onda-partícula observada experimentalmente". Fazendo uso do princípio de correspondência bem como do princípio da complementaridade, busca encontrar novos conceitos que descrevam melhor o mundo microscópico e suas relações com o observável.

Na descrição dos fenômenos quânticos, Bohm utiliza o princípio da complementaridade de Bohr e, mesmo dentro de uma postura ortodoxa de tratamento da teoria quântica, faz considerações sobre a existência de uma realidade por detrás dos fenômenos, o que fica evidenciado quando entende o mundo como um todo indivisível, embora flexível e em contínua mudança. Freire Jr. (1996) comenta que Bohm "combinou [no *Quantum Theory*] em uma interpretação própria, a interpretação da complementaridade, devida a Neils Bohr, com uma ontologia realista", falando de "um mundo que tem existência independente das teorias da física, e que pode ser conhecido por estas mesmas teorias".

Na procura de uma estrutura que não seja completamente determinística nem representável por leis causais, Bohm utiliza uma descrição qualitativa das propriedades quânticas para o comportamento dual da matéria, o que ele chamou de "potencialidades [que são] capazes de desenvolver ou o aspecto de partícula ou o de onda" (p. 138), sendo que o desenvolvimento de um acarreta a diminuição do outro. Além do mais, o desenvolvimento dos aspectos complementares onda-partícula é determinado tanto pelo objeto (um elétron, por exemplo) quanto pelo sistema com qual ele interage (aparelho de medida). Desse modo, no nível quântico, não se pode falar em partes de um sistema. Bohr enfatiza que o objeto mais o aparelho formam uma totalidade. Bohm iria mais longe: em sua visão mais realista, ele considera que o universo como um todo é uma totalidade indivisível: "parece necessário desistir da idéia de que o mundo pode ser corretamente analisado em partes distintas, e substituí-la pela suposição de que o universo inteiro é basicamente uma unidade única, indivisível" (p. 140).

A noção de totalidade em Bohm é construída em termos das "potencialidades" que não são completamente definidas a não ser em consequência da interação com um sistema macroscópico de medição (clássico). Durante a interação, as potencialidades se desenvolvem e fica

impossível analisá-las em partes distintas. Assim, “as propriedades macroscópicas e microscópicas não são independentes (mas) são ambas necessárias para descrever os aspectos complementares de uma unidade mais fundamental, indivisível, que é o sistema como um todo” (p. 626-7). Podemos, então, dizer que a função de onda é a ponte que, através das amplitudes, faz a conexão entre as escalas micro e macroscópica, permitindo o desenvolvimento de uma potencialidade ou outra de acordo com a variável que será medida. Desse modo, Bohm constrói uma unidade indivisível mas probabilística, onde “as propriedades da matéria são expressas em termos de pares opostos mas complementares de potencialidades” (p. 611). Vemos, portanto, que Bohm reinterpreta o princípio da complementaridade considerando uma estrutura subjacente à teoria quântica através dos novos conceitos que introduz. Bohm considera ainda que “o princípio da complementaridade é geral pois os novos conceitos quânticos fornecem uma mudança mais abrangente e radical na descrição da natureza dos fenômenos quânticos”. É interessante notar que a introdução do conceito de “potencialidade” é usualmente atribuída a Heisenberg, que o utilizou no cap. III de seu livro *Física e Filosofia* (1957), juntamente com uma idéia de totalidade semelhante à de Bohm, com referência ao universo como um todo.

Sobre os pares complementares, Bohm cita os conjugados canônicos da mecânica clássica, tais como momento e posição, energia e tempo. Uma vez que um deles está relacionado com os aspectos causais da matéria e outro sempre relacionado com o aspecto espaço-temporal, segue que causalidade e coordenação espaço-temporal são aspectos complementares. Entretanto, eles seriam pares complementares de potencialidades e, como conclui Freire Jr., o mundo de Bohm é “um mundo no qual o espaço-tempo comparece como um requisito à descrição deste mundo mas não como constitutivo intrínseco do mundo quântico”, diferentemente da noção de pares complementares que aparece no primeiro enunciado do princípio da complementaridade (Bohr, [1928] 1934) : “A própria natureza da teoria quântica nos força assim a considerar a coordenação espaço-temporal e a asserção da causalidade, cuja união caracteriza as teorias clássicas, como aspectos complementares mas exclusivos da descrição, simbolizando a idealização da observação e da definição, respectivamente”. Esse tipo de complementaridade, entretanto, como salienta Mackinnon (1985, p.112), faz distinção entre o que é observado e o que é definido e, portanto, se contrapõe ao positivismo lógico que estipula que uma proposição não verificável carece de sentido. Bohr, após 1928, abandona esse tipo de complementaridade em favor da complementaridade entre onda e partícula. Para Bohr, a totalidade aparece como a integridade das condições de observação. Como salienta Murdoch: “Durante o processo de observação, o objeto e o instrumento não podem ser considerados como entidades completamente separadas: elas permanecem unidas pela interação existente entre elas. Um objeto isolado e não observado, [...],

que não interage com nenhum outro objeto, é um sistema 'fechado'. A observação deixa o objeto em um sistema 'aberto' que não está em nenhum estado dinâmico definido durante o processo de observação. O sistema combinado do objeto em interação com o instrumento de medida constitui uma espécie de sistema fechado. Qualquer tentativa de analisar esse sistema no sentido de separar o objeto repentinamente do instrumento de observação violaria essa totalidade essencial". Para Bohr, o termo totalidade corresponde, portanto, a uma indivisibilidade dos processos de medição: "uma modificação no arranjo experimental original destrói as condições originais de observação, [...] levando a resultados diferentes, a um 'novo fenômeno individual'" (Murdoch, 1987, p. 90-4).

Aproximações entre o pensamento de Bohm e de Bohr para a descrição da mecânica quântica como vemos é possível, ao menos no que diz respeito à importância dada ao princípio da complementaridade dentro da interpretação ortodoxa. Entretanto, enquanto Bohr assume uma posição mais relacional e instrumentalista para a complementaridade de arranjos experimentais (Jammer, 1966, pp. 197-9), Bohm, embora se mantenha próximo ao princípio da complementaridade (no sentido de buscar resultados já obtidos pela interpretação da complementaridade), tem uma visão do mundo quântico que tem as características de um realismo entendido como "a preocupação de que uma interpretação da mecânica quântica deve fornecer uma explicação, clara e simples, compreensível intuitivamente, de como um sistema quântico pode ser um todo indiviso, no qual acontecem conexões não locais" (Bohm, 1984, pp. ix-xii). Podemos dizer que Bohm nunca abandonou uma postura realista da mecânica quântica e, embora seu realismo tenha sofrido variações na evolução do seu pensamento (Freire Jr., 1996), quando da redação do *Quantum Theory* ele enfatizava a necessidade de descrever o mundo quântico com conceitos próprios que formam uma estrutura interpretativa subjacente à teoria dentro da qual "os conceitos clássicos não podem ser interpretados como formas limitantes dos conceitos quânticos mas combinados eles formam uma descrição completa onde as propriedades macroscópicas e microscópicas não podem ser consideradas independentes".

Referências Bibliográficas

- BOHM, D. (1951) : *Quantum Theory*, Prentice Hall, New York.
- FREIRE Jr., O. (1996) : "Realismos na História e Epistemologia da Ciência". A ser publicado nos *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*.
- BOHR, N. ([1928] 1934) : "The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory" in *Atomic Theory and the Description of Nature*, Cambridge U. Press, pp. 52-91.

- MACKINNON, E. (1985) : "Bohr and the Foundations of Quantum Theory", in *Niels Bohr - A Centenary Volume*, AP French & PJ Kennedy (orgs.), Harvard U. Press, pp. 101-20.
- MURDOCH, D. (1987) : *Niels Bohr's Philosophy of Physics*, Cambridge U. Press.
- JAMMER, M. (1966) : *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, McGraw-Hill, New York.
- BOHM, D. (1984) : *Causality and Chance in Modern Physics*, 2^a ed. Routledge & Kegan Paul, London.
- HEISENBERG, W. ([1957] 1958) : *Physics and Philosophy*, Harper, New York.

A COMPLEMENTARIDADE À LUZ DO NOVO ESPÍRITO CIENTÍFICO

Maria Beatriz Fagundes (*Beatriz@if.usp.br*)
João Zanetic (*Zanetic@if.usp.br*)

Introdução

Com a perspectiva de inserir tópicos de física moderna no currículo da escola secundária temos realizado um estudo dos fundamentos da física quântica.

Partindo desse estudo e de experiências que tivemos nas aplicações de algumas de nossas considerações sobre o assunto {1}, pudemos observar algumas dificuldades práticas na inserção de conteúdos de física moderna na escola. Essas dificuldades têm várias origens.

Decorrem do descaso econômico pelo qual o sistema escolar tem passado, principalmente no caso das escolas públicas, sobrecarregando os professores, oferecendo cada vez menos oportunidade deles se atualizarem, enfim, de todo o desprezo, por parte do Estado, que a escola tem sofrido e que nós temos assistido desde algum tempo.

As conseqüências dessa desvalorização da educação também não são novidade. A formação deficiente dos professores e dos alunos, a diluição do conhecimento, distribuído na forma de manuais e oferecido pelos livros didáticos mais vendidos no mercado, e muitos outros fatores, que não estão no âmbito de discussão desse trabalho, têm sido responsáveis pela formação de pessoas cada vez menos aptas a questionar, a pensar e a ter acesso ao conhecimento e à cultura em geral. Além de tudo, esses fatores têm gerado um desinteresse cada vez maior das pessoas pela ciência.

Este é um problema que não é exclusivo da educação brasileira. O mesmo problema é sentido por exemplo nos Estados Unidos, onde apenas 5% da população adulta apresenta um razoável nível de "alfabetização científica". {2}

Não é nosso propósito propor a substituição da física clássica pela física moderna com a única finalidade de alterar o conteúdo curricular. Pretendemos, isso sim, propor uma apresentação mais cultural da física, isto é, de suas teorias, clássicas e contemporâneas, com rigor mas sem o "formulismo" tradicional.

A Interpretação da Complementaridade

Propomos, como já foi mencionado anteriormente, a inserção da física quântica na escola, não em substituição à física clássica mas, como complementação a ela. Nesse sentido nos preocupamos em escolher, dentro do universo da física quântica, tópicos que nos ofereçam a oportunidade de discutir principalmente os fundamentos da física e as

concepções presentes no processo de construção do conhecimento científico.

Assim, dentro dos tópicos de física moderna, focalizamos nossa atenção no estudo do comportamento dual da matéria e, em particular, da luz e, centralizamos nossos esforços, mais especificamente, nas interpretações, a nível conceitual, que explicam esse comportamento. Acreditamos que, com essa abordagem, possamos contextualizar as principais características da física quântica e fornecer aos estudantes um amplo panorama da física deste século.

A física quântica, atualmente, é capaz de fornecer previsões e resultados experimentalmente corretos, porém, ainda hoje, os fundamentos dessa teoria não estão totalmente desvendados, nem mesmo para os físicos. As teorias físicas também precisam ser interpretadas.

Salientamos então, que a concepção de ciência e a compreensão de seus limites, de sua metodologia e de suas transformações são essenciais no processo de ensino-aprendizagem dos próprios conteúdos de física.

Dentro dessa perspectiva julgamos que o estudo das interpretações da física quântica para a dualidade onda-partícula podem fornecer os elementos que desejamos para que, a partir deles, possamos abordar alguns conteúdos de física sob a óptica da epistemologia e da filosofia da ciência. Destacamos, entre as interpretações da mecânica quântica, a interpretação da complementaridade.

Além da complementaridade, outras interpretações têm habitado o universo de físicos, filósofos e epistemólogos preocupados em vislumbrar um pouco mais além do formalismo estabelecido pela teoria. Neste trabalho, entretanto, vamos nos ater à interpretação da complementaridade, proposta inicialmente por Niels Bohr, que já em si mesmo apresenta algumas nuances. Optamos por essa abordagem pois a idéia da complementaridade acrescenta novos ingredientes à concepção de ciência.

Um traço marcante na abordagem de Bohr é a necessidade de olhar de forma diferente, ou de diferentes pontos de vista, o mesmo objeto para que se possa entender o todo. É a concepção do conjunto a partir das propriedades que seus elementos assumem, em substituição à concepção de elementos rotulados por propriedades constantes. Esses elementos podem ser explorados no contexto dos processos de ensino de aprendizagem. Além disso, a relação observador e observável, elemento central na concepção da interpretação da complementaridade, está intimamente ligada aos elementos subjetivos e objetivos, que permeiam todo o processo de aprendizagem. A dialética do ser (agente) com seu objeto de investigação pode ser estendida às relações que existem entre o estudante e seu objeto de estudo (a física). Deste modo pode-se questionar a visão de mundo que o aluno possui ao estudar os conceitos de física.

...Bohr declarou, com animação intensa, que ele via o dia em que a complementaridade poderia ser ensinada nas escolas e tornar-se parte da educação geral: e melhor do que qualquer religião, ele adicionou, a

percepção da complementaridade fornecerá às pessoas a orientação de que elas necessitam. {3}

A Interpretação da Complementaridade na formação do Novo Espírito Científico

No período em que se tornaram polêmicas as diferenças existentes entre a descrição clássica e a descrição quântica dos fenômenos físicos, mais precisamente em 1927, Niels Bohr apresentou pela primeira vez ao público a sua formulação da complementaridade. Nessa ocasião, quando estava sendo realizado o Congresso Internacional de Física em Como na Itália, Bohr teria afirmado que gostaria apenas de

... “descrever um certo ponto de vista geral ... que espero ajudará a harmonizar as opiniões claramente conflitantes entre os cientistas” {4}.

As “opiniões conflitantes” a que Bohr se referia geraram, na época, a dicotomia a respeito da descrição do universo como consequência da separação da física em dois pólos, a física clássica e a física quântica. A interpretação proposta por Bohr trazia em sua essência uma tentativa de acomodar as duas descrições excludentes como única forma de descrever a totalidade da natureza. Para isso, entretanto, haveria de se pagar um preço: a queda de algumas fronteiras erguidas pela física clássica. Não se pode mais estabelecer um limite rígido entre o objeto e o ato de observá-lo.

As consequências dessa concepção, totalmente estranha à física clássica, alcançaram dimensões que foram além da física. Estabelecer uma região de intercessão entre o objeto e a sua observação envolveram também uma semântica colocando na mesma esfera o substantivo (objeto) e o verbo (observar). Além disso, introduziu-se no sistema um elemento de indeterminação que abalou as leis de causalidade clássicas.

Complementaridade não é um sistema, não é uma doutrina com precedentes prontos. Não existe via de regra para isto: não é uma descrição formal que pode ser encontrada nos escritos de Bohr, o que inquieta muitas pessoas. Os franceses estão chocados com essa abertura nas regras cartesianas: eles acusam Bohr de entregar-se ao “clair-obscur” e envolver-se nas “les brumes du Nord”. Os alemães nas suas minúcias têm estado trabalhando na distinção das diversas formas da complementaridade e têm estudado centenas de páginas das suas relações com Kant. Os americanos pragmáticos têm dissecado a complementaridade no escalpo da lógica simbólica e têm se empenhado em definir essa arte sutil do uso correto das palavras sem qualquer palavra. {5}.

A interpretação de Bohr é tida como uma interpretação positivista e ainda é amplamente questionada, principalmente devido a suas bases filosóficas.

Apresentamos uma possível leitura da interpretação da complementaridade, mais especificamente das idéias de Niels Bohr, apoiados na epistemologia de Gaston Bachelard e na sua caracterização

do Novo Espírito Científico {6} Bachelard sempre situou o fio condutor de sua motivação epistemológica no advento da física contemporânea, representados pelas teorias da relatividade e da física quântica. Estas teorias, principalmente nos domínios dos fenômenos do micromundo físico, só se materializaram ao serem superados os obstáculos epistemológicos decorrentes das convicções fundadas pela física clássica. No diálogo com esse mundo

"(...) o sentido do vetor epistemológico parece-nos bem claro. Ele vai seguramente do racional ao real e de nenhum modo, ao contrário, da realidade ao geral como o professavam todos os filósofos, desde Aristóteles até Bacon. Noutras palavras, a aplicação do pensamento científico parece-nos essencialmente realizante. Procuraremos, pois, mostrar no decurso desta obra o que chamaremos a realização do racional ou mais geralmente a realização do matemático."{7}.

Se, como afirmava o historiador da física Alexandre Koyré, Galileu e Kepler pavimentaram o caminho que seria percorrido pela física newtoniana através da sua "matematização do real", segundo Bachelard, as contribuições de Planck, Einstein, Heisenberg, e certamente Bohr, entre outros, pavimentaram o caminho que seria percorrido pela física quântica através da "realização do racional".

Com isso queremos apontar alguns elementos, presentes na formulação de Bohr, que caracterizamos, ainda fazendo referência a Bachelard, como a racionalização do real e deslocaremos o enfoque do eixo das discussões do par positivismo-realismo para o par racionalismo-realismo.

A racionalização do real, característica da ciência moderna, determina um sentido para o vetor epistemológico, do racional para o real. É sob essa óptica que olhamos para a interpretação de Bohr e procuramos resgatar os fundamentos da física quântica contrapondo-os, sempre que possível, aos fundamentos da física clássica.

A experiência científica é assim uma razão confirmada. Este novo aspecto filosófico da ciência prepara uma volta do normativo na experiência: a necessidade da experiência sendo apreendida pela teoria antes de ser descoberta pela observação...{8}

Referências Bibliográficas

- 1 FAGUNDES, M. B. ET AL. "Ensinando a Dualidade Onda-Partícula Sob Uma Nova Óptica". Anais do V EPEF, Águas de Lindóia, São Paulo, setembro/1996.
- 2 SHAMOS, M. H. "Guest Comment: The real threat of scientific illiteracy". *Amer. J. Phys.* 64 (9), September 1996, pp. 1102-3.
- 3 ROSENFELD, L. "Niels Bohr A Centenary Volume", 1963 in FRENCH, A. P.; KENNEDY, P. J. Harvard University Press, USA, 1985. p.323.

- 4 HOLTON, G. **"As Raízes da Complementaridade"**. Humanidades (UnB) 2 (9), outubro-dezembro 1984, pp 49-71.
- 5 ROSENFELD, op. cit. , p.323.
- 6 BACHELARD, G. **O Novo Espírito Científico. Tempo Brasileiro**, Brasil, 1985. trad. Juvenal Hahne Jr.
- 7 Idem pp.12-13.
- 8 Idem. p.14.

ÍMÃS E ELETROÍMÃS " PRODUÇÃO DE UM VÍDEO DIDÁTICO"

Ivânia Coelho Moraes¹

Arjuna C. Panzera² (Orientador) (arjuna@coltec.ufmg.br)

1- Colégio José de Alencar Rogêdo

2- Setor de Física - Coltec - UFMG

Este trabalho mostra a produção de um vídeo de cerca de 15 minutos para ser utilizado nas aulas de física de 2º Grau. O tema escolhido tem diversas aplicações práticas no cotidiano e na indústria. O vídeo é uma forma de "trazer" para a sala de aula estas aplicações, enriquecendo as aulas teóricas. No vídeo são apresentados experimentos usando materiais simples que poderão suprir a falta de equipamentos nas escolas.

Este vídeo examina as propriedades dos ímãs e classifica as substâncias em ferromagnéticas, paramagnéticas e diamagnéticas. Neste último aspecto mostra a repulsão de um ímã por uma pastilha de cerâmica supercondutora. Aponta a bússola como um instrumento de orientação geográfica; mostra a bússola sendo usada no painel de um avião, para ajudar o piloto a fazer suas rotas de viagens; mostra a bússola sendo usada dentro de um Teodolito para permitir aos geólogos efetuarem medidas fundamentais no campo. Mostra que ao redor de um ímã existe um campo magnético e este atuando à distância, atravessando alguns materiais como o isopor, o plástico e a madeira .

Assistindo a esta fita, você vai aprender como construir ímãs que podem ser ligados e desligados: os eletroímãs. Você verá também, eletroímãs sendo usado para transportar enormes quantidades de ferro, no motor de arranque, no relé de farol alto e baixo e no motor do limpador de parabrisa dos automóveis.

No final do vídeo, você deverá ter adquirido uma visão dos fenômenos magnéticos, relacionando-os com a corrente elétrica e poderá aplicar estes conhecimentos para compreender os princípios básicos de funcionamento de muitos dispositivos e aparelhos domésticos que o cercam no seu cotidiano.

Acompanhado com o vídeo, elaborei um manual de instrução para o professor mostrando os objetivos do mesmo, sugerindo uma maneira de utilizá-lo e um questionário de avaliação dos conceitos abordados para ser aplicado nos alunos.

Este vídeo faz parte do trabalho final do Curso de Especialização em Ensino de Ciências - Modalidade Física ministrado na Faculdade de Educação/Cecimig da UFMG sob a orientação do Professor Arjuna C. Panzera.

FUNDAMENTOS DE ASTRONOMIA " UM CURSO PARA PROFESSORES DE CIÊNCIAS"

Arjuna Casteli Panzera¹ (arjuna@coltec.ufmg.br)

Simone de Pádua Thomáz²

1- Setor de Física - Coltec - UFMG

2- Colégio Dom Silvério / Colégio Santo Antônio

A astronomia é um tópico do programa de ciências do Estado de Minas Gerais e é abordada em muitos livros didáticos de 1º Grau e por isso grande parte dos professores inclui esse tema em seus planejamentos. Considerando que a formação desses professores é deficiente em relação a esse assunto, optamos por estruturar um curso que atendesse a essa demanda.

O Curso de "Fundamentos de Astronomia" foi ministrado a professores de Ciências de 1º Grau da rede estadual de ensino, inserido no Programa Permanente de Aperfeiçoamento de Professores de Ciências e Matemática da Rede Estadual de Ensino através de convênio entre a SEEMG e UFMG, tendo como órgão executor o CECIMIG. Sua carga horária é de 45 horas incluindo as avaliações.

A concepção do curso é baseada na constatação de que, em geral, os livros de Ciências de 1º Grau mostram apenas aspectos teóricos da astronomia não se preocupando em desenvolver atividades observacionais do Sol, da Lua, dos planetas e das estrelas, que são possíveis de se aplicar neste nível. Informam mais sobre a constituição, temperatura e evolução das estrelas e planetas. Estas informações, no entanto, são obtidas com instrumentos sofisticados tais como grandes telescópios, radiotelescópios e espectroscópios. Instrumentos como estes só são acessíveis a pesquisadores e, portanto a abordagem destes conteúdos nos currículos de Ciências fica completamente desvinculada da prática, restringindo-se a um estudo teórico.

Além disso, na Física do 2º Grau, estudamos sobre modelos de sistema solar que surgiram na História da Ciência (Ptolomeu, Tycho Brahe, Copérnico) mas não sabemos porque se optou pelo modelo heliocêntrico atualmente aceito. Estudamos também as leis de Kepler mas não sabemos que observações foram feitas para que se deduzisse estas leis. A lei da Gravitação Universal de Newton é abordada com distinção mostrando-se sua aplicação na compreensão de vários fenômenos na Astronomia. Apesar disto não se aprende coisas práticas sobre o céu que nós vemos todos os dias.

Assim, optamos por elaborar um curso que tratasse de fundamentos da astronomia com a preocupação de partir, sempre que possível, de observações, para, em seguida, relacioná-las com os modelos atuais. Elaboramos um texto didático, que utiliza linguagem simples e perguntas com lacunas para que os professores-alunos possam discutir,

em grupo, e registrar suas conclusões. Os cursistas realizaram diversas atividades experimentais durante as aulas e para tais, foi distribuído um kit para cada grupo. Também foram utilizados alguns vídeos contendo observações que eram impossíveis de serem realizadas em tempo hábil.

O Curso iniciou-se pela apresentação dos resultados de uma pesquisa, em crianças do ensino fundamental, salientando suas concepções sobre a esfericidade da Terra. Com base nesses resultados discutimos as alternativas de superação das dificuldades encontradas pelos alunos para construção do modelo atual de Terra (esférica / rodeada por espaço ilimitado / gravidade dirigida para o centro).

Identificando, nas idéias das crianças, algum paralelismo com os modelos de Terra construídos através da história, optamos por um breve relato sobre estes modelos.

A seguir apresentamos perguntas que leigos, alunos ou professores, fazem sobre o cotidiano da astronomia, como por exemplo: A Terra possui realmente os movimentos de rotação e translação ? Quais são as evidências de isto realmente ocorre ? Qual a diferença entre planetas e estrelas ? Quais são os planetas visíveis a olho nu ? Qual a estrela mais próxima da Terra, fora o Sol ? Por que a Lua mostra-nos sempre a mesma face ? O Sol "passa" pelo zênite, todos os dias do ano ? O Sol "nasce" sempre no mesmo ponto do leste ? Tais perguntas têm o objetivo de levantar os conhecimentos prévios dos professores-alunos, além de propiciar a discussão entre os membros do grupo no sentido de socializar estes conhecimentos motivando-os para o estudo dos temas abordados nas questões.

Considerando que os conceitos de pontos cardeais, latitude e longitude são essenciais para a compreensão da localização de pontos na superfície do globo, desenvolvemos atividades práticas de: localização aproximada de pontos cardeais, construção de uma bússola, determinação do meridiano e paralelo local através de um gnomon, construção de um modelo de globo terrestre de bola de isopor com o traçado de meridianos e paralelos.

O modelo de isopor juntamente com um arame afixado em suporte, representando o eixo da Terra e um retroprojeter, foram utilizados para desenvolver os conceitos de dia e noite e estações do ano, bem como o movimento do Sol na abóbada celeste.

Foi construído um relógio de Sol horizontal, com o objetivo de sintetizar e aplicar as informações trabalhadas anteriormente.

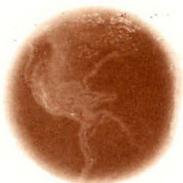
Ainda com bolas de isopor, trabalhamos o sistema Terra-Lua-Sol salientando-se as fases da Lua, seu movimento de translação e rotação, os eclipses do Sol e da Lua.

Do sistema solar, desenvolvemos os conceitos das órbitas dos planetas, suas excentricidades, planos de órbitas, diâmetros e distâncias relativas ao Sol através de modelos em escalas adequadas.

Finalmente foi apresentada uma carta celeste, e uma orientação para a sua utilização em observações noturnas. O movimento das

constelações no céu ao longo da noite e do ano foi discutido através do modelo de esfera celeste. O movimento dos planetas com referencial na Terra foi discutido sucintamente através de atividade prática que relaciona a trajetória aparente com o modelo heliocêntrico. Salientou-se, neste momento, a importância das constelações do zodíaco.

Esse curso foi ministrado a seis turmas de cerca de 15 alunos, cada, e teve avaliação favorável por parte dos mesmos.



Secretaria XII SNEF

Colégio Técnico - UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Campus Pampulha
31.270-901 - Belo Horizonte - MG

Tel. (031) 499-4958

E-mail: xiisnef@coltec.ufmg.br

Home Page: www.coltec.ufmg.br/xiisnef/

Apoio

UFMG

CECIMIG

COLTEC

ICEX

DEPTO. DE FÍSICA

SEEMG

SCTMG/SEEMG/PRO-CIÊNCIAS

CNPq

CAPES

SESU/MEC

FINEP

FAPEMIG

FAPESP

FAPERJ

FAPERGS

FAPEPE

