

Esquemas Lógico-Estruturais de Conceitos Físicos: Relato de uma Experiência

(Logic-structural schemes of concepts in Physics: description of an experience)

José Adolfo Rodríguez Rodríguez
Departamento de Física, ICET, UFMT
Pós-Graduação em Educação, IE, UFMT
Endereço: Departamento de Física, ICET, UFMT
Ave. Fernando Corrêa S/N, Bloco F, Sala 200
Bairro Coxipó, CEP. 78060-900, Cuiabá, MT
Fone: (065) 615-8730
Fone/Fax: (065) 615-8737
e-mail: pepe@cpd.ufmt.br

Recebido 28 de outubro, 1997

O trabalho consiste na descrição e análise de uma **experiência** realizada pelo autor, expondo-se a utilidade e as vantagens do uso de esquemas lógico-estruturais de conteúdos como via para a construção e sistematização de conhecimentos de Física pelos estudantes universitários de diversas especialidades. É descrita uma experiência de utilização dos esquemas lógico-estruturais com estudantes da Engenharia Florestal e Geologia e de Licenciatura Plena em Física, expondo-se uma metodologia para o uso destes esquemas.

The paper consists in the description and analysis of an **experience** of the author on the utility and advantages of the use of logic-structural schemes of contents as a way for the construction of knowledges and sistematization on Physics by university students of different specialities. A methodology of application and an experience of use of the logic-structural schemes whith students of Florestal Engineering, Geology and Physics Licenciature is described.

1. Introdução

No processo de ensino¹ de qualquer disciplina precisa ser cumprido o princípio de sistematicidade, o qual se deve ver refletido nos diversos componentes deste processo: objetivos, conteúdos, etc. Neste sentido a sistematicidade pode ser a derivação e integração dos elementos do ensino como sistema; assim, por exemplo, os objetivos dos diversos temas de uma disciplina integram-se num único objetivo que a caracteriza, e de outro lado os objetivos de temas derivam-se de maneira natural do objetivo da disciplina. Esta subordinação tem lugar desde os níveis hierárquicos mais elevados

(curso, plano de estudos) até a célula elementar do processo de ensino que pode ser identificada com a tarefa docente.

Mas o princípio de sistematicidade possui ainda um outro aspecto que se menciona freqüentemente, embora nem sempre seja valorizado na medida mais justa: a sistematicidade exige o estabelecimento de nexos lógicos entre os elementos do conteúdo (conhecimentos e habilidades) a serem apropriados pelos estudantes. Esses nexos lógicos não precisam ser forçados, seguem a mais pura e elementar lógica do processo de assimilação do novo conteúdo: (Piaget, 1982; La Taille et alii., 1992; Talyzina, 1975; Leontiev, 1975) uma série de conceitos

¹Utilizamos aqui o conceito de ensino apenas pela força do costume. Não existe ensino sem existir aprendizagem, e é por isso que muitas vezes é usado o conceito "híbrido" de ensino-aprendizagem. Nós, particularmente, preferimos utilizar a palavra "educação" por considerar que ela vá mais fundo: expressa, além de formação de conhecimentos, a formação de atitudes ante a vida.

integram-se para a formação de conceitos mais complexos e estes por sua vez integram-se em regularidades, leis, grupos de leis e teorias.

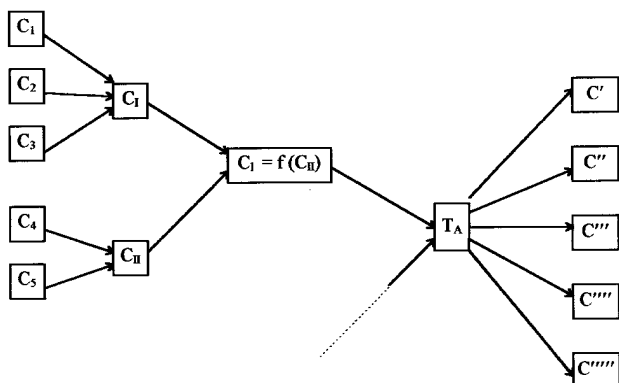


Figura 1. Os conceitos “elementares” C_1 , C_2 e C_3 integram-se no conceito mais complexo C_I , e de outro lado, C_4 e C_5 integram-se em C_{II} . Logo depois os conceitos mais complexos C_I e C_{II} , por sua vez, relacionam-se através de uma lei $C_I = f(C_{II})$, e várias leis podem agrupar-se para formar uma teoria T_A . Esta teoria, então, pode servir de suporte para novos conceitos C' , C'' , etc., os quais podem dar origem novamente a uma construção similar à mostrada na figura, só que já representando um sistema de conhecimentos superior ou mais complexo, dentro do qual a construção anterior seria simplesmente um elemento a mais.

A construção representada esquematicamente na fig. 1 constitui um esquema lógico-estrutural (ELE). Esses ELE podem ser utilizados para estabelecer, esclarecer e comprovar os nexos lógicos de continuidade e de relacionamento entre os elementos de uma construção teórica. No caso que agora nos interessa, essa construção teórica pode ser um tema de uma disciplina docente, como modelo didático de uma teoria física adaptada e programada de certa maneira de acordo com as exigências da formação de um determinado profissional.

A idéia da utilização de ELE para a apresentação, construção e sistematização de conhecimentos não é nova. São conhecidos, na América e na Europa, como parte ou não de correntes construtivistas, os chamados esquemas, notas ou sinais de apoio, organogramas de conteúdo, mapas conceituais, etc. (Driver, 1988; Gil, 1991; Novak, 1989; Pérez et alii., 1994; Shatalov, 1978; Moreira, 1982). Numa outra série de trabalhos (Naúmov, 1988; Rodríguez, 1990; Rodríguez, 1988;

Shepelevich, 1982; Moreira, 1982) aborda-se, já para o caso específico da Física como disciplina, o uso dos ELE em diversas variantes como via para a generalização e a sistematização de diversos conteúdos desta ciência.

Neste artigo, *que é apenas o relato de uma experiência pedagógica*, pretendemos expor algumas idéias acerca do papel que pode desempenhar o uso dos ELE na apresentação, construção e sistematização dos conteúdos de Física pelos estudantes universitários. Mostraremos, também, certas formas de classificação dos ELE usados em Física de acordo com diversos critérios, além de oferecer algumas idéias acerca de quando e como utilizá-los.

A Física nos cursos universitários e os esquemas lógico-estruturais

A presença da Física em determinados cursos universitários, tais como a Licenciatura Plena e o Bacharelado em Física de um lado, e as engenharias do outro lado, tem objetivos perfeitamente definidos. A Física como Disciplina Básica abre o caminho para muitos conhecimentos e habilidades indispensáveis em disciplinas básico-específicas e específicas dos cursos mencionados, e neste sentido contribui também à formação de habilidades para o exercício da profissão².

Mas a Física também exerce outras funções nos currículos dos cursos universitários. Estas funções estão relacionadas com o desenvolvimento do pensamento dos estudantes. A Física estuda as formas mais elementares e gerais do movimento da matéria. Daí resulta lógico pensar que o aparelho conceitual e a evolução e movimento das idéias de Física sejam atributos indispensáveis do acervo de conhecimentos de um formando universitário que tenha a Física dentro das disciplinas do seu currículo. O engenheiro estuda e se desenvolve em formas mais particulares do movimento da matéria e, portanto, ele deve dominar a lógica do movimento mais elementar, que é o movimento físico³. Para os especialistas em Física, os Licenciados e Bacharéis, os

²Não queremos nos estender aqui acerca dos objetivos específicos da disciplina Física na Licenciatura e/ou Bacharelado e nas Engenharias. Queremos, apenas, abordar a Física como Disciplina Básica (essencialmente comum às engenharias e aos bacharelado-licenciatura), e não como disciplina Básica Específica nem como Disciplina do Exercício da Profissão (Álvarez, 1997).

³Na “Introdução” à *Dialética da Natureza*, F. Engels (em Marx, K., Engels, F., s.a., p. 264) coloca o movimento mecânico como movimento mais simples do que o movimento físico, seguindo depois, em ordem crescente de complexidade, os movimentos químico, biológico, etc. Aqui nós estaríamos chamando de movimento físico aos movimentos mecânico e físico na concepção de Engels.

conhecimentos “diretos” de Física são simplesmente indispensáveis e não exigem comentário adicional. A experiência mostra que o processo de apropriação da lógica da Física pelo estudante fica gravado no mais profundo do intelecto do formando, ativando vias e abrindo caminhos que resultam úteis durante a vida profissional. Aí é que está o valor epistemológico que adquire, para o futuro engenheiro ou profissional da Física, o fato de ter sido capaz de incorporar ativamente os conhecimentos desta ciência ao seu acervo intelectual.

A experiência nos indica que uma via efetiva para aproximar os estudantes da coerência e da lógica interna do conhecimento físico é o uso, no ensino desta ciência, de esquemas lógico-estruturais ou organogramas de conteúdos. Isto contribui para a construção e sistematização dos conhecimentos dos estudantes.

Classificação dos ELE

Os ELE, de acordo com o elemento do conteúdo que sistematizam, se classificam em ELE de conhecimentos e em ELE de habilidades⁴, como é mostrado na figura 2.

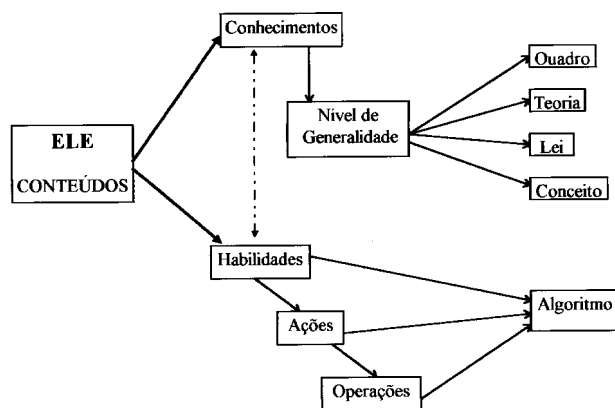


Figura 2. Classificação dos esquemas lógico-estruturais de acordo com os elementos dos conteúdos que sistematizam. Os ELE que sistematizam os conteúdos podem ser divididos em ELE de conhecimentos e em ELE de habilidades. Os ELE de conhecimentos podem, de acordo com o nível de generalidade deles, dividir-se em ELE que sistematizem conceitos, leis, teorias e quadros físicos. É evidente que o grau de generalidade do conhecimento aumenta de baixo para acima. Os ELE de habilidades podem ser entendidos como um ordenamento de ações e/ou operações, ou seja, inventários ou listagens logicamente ordenadas de passos a serem seguidos durante a solução de problemas práticos, tais como práticas de laboratório ou solução de exercícios de Física. A flecha que une “conhecimentos” e “habilidades” representa o fato de que eles nunca existem sepa-

radamente, mas apenas como elementos de uma unidade dialética (forma e conteúdo).

Os ELE onde se sistematizam os elementos do sistema de conhecimentos são os mais comuns e os mais próximos dos mapas conceituais na tradição construtivista (Pérez et alii, 1994; Gil-Pérez, 1991; Moreira, 1982; Ausubel, 1978). Nas figuras 7, 8 e 9 são mostrados exemplos de ELE para temas relacionados com a Mecânica de Newton, nos quais se sistematizam os elementos (conceitos e leis) próprios desses conhecimentos, e que foram desenvolvidos em trabalhos grupais com estudantes de Geologia e de Engenharia Florestal da Universidade de Pinar del Río, Cuba, durante os cursos 1994-1995 e 1995-1996 e com estudantes de Licenciatura Plena em Física da Universidade Federal de Mato Grosso no ano letivo 1996/2. Mais adiante será descrita a dinâmica seguida pelos alunos para a confecção dos ELE.

Os ELE mais comuns onde se sistematizam as habilidades como um conjunto de ações e operações são os chamados algoritmos, que são seqüências ordenadas de ações e operações cuja execução consecutiva e automatizada constitui uma habilidade. São tradicionais em Física os algoritmos de solução de problemas de diversos tipos e os algoritmos de execução de diversas tarefas práticas (Ver figura 2).

Na fig. 3, é mostrado um outro tipo de ELE, onde se tenta sistematizar os elementos do núcleo de uma teoria física fundamental (Naúmov, 1988; Rodríguez, 1990). A nossa experiência nos indica que o uso desse tipo de ELE resulta útil sobretudo quando se trata de apresentar e de generalizar conteúdos das disciplinas de Física Teórica para a Licenciatura Plena em Física (Mecânica Clássica, Termodinâmica, Eletrodinâmica, Física Estatística e Mecânica Quântica). Temos comprovado que o trabalho com estes ELE por parte dos alunos, para cada uma das disciplinas de Física Teórica, contribui em primeiro lugar para que eles sistematizem melhor os conhecimentos destas disciplinas e, em segundo lugar, para que o aluno tenha uma visão unificada da Física, entendendo por unidade, neste caso, o fato de que a estrutura de todas as teorias físicas fundamentais é essencialmente a mesma (Kuznetsov, 1967;

⁴ A classificação dos conteúdos a serem assimilados pelos estudantes em conhecimentos e habilidades é tradicional da psico-pedagogia russo-soviética, e é apenas operacional: não existem em forma “pura” e sim sempre um através do outro (ver, por exemplo, Galperin, 1968; Talyzina, 1975).

Multanovsky, 1977; Naúmov, 1988; Rodríguez, 1988; Rodríguez, 1990).

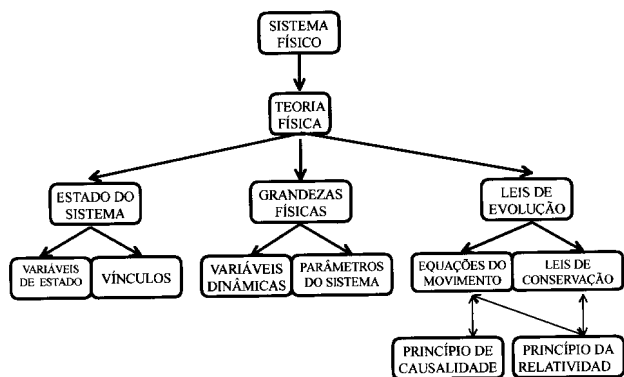


Figura 3. Esquema detalhado da construção do núcleo de uma teoria física fundamental. Este se fundamenta no conhecimento do estado do sistema, que se baseia no conhecimento das variáveis de estado, que são aquelas que o descrevem, e nos vínculos que se estabelecem entre elas e que limitam seus possíveis valores. As grandezas físicas, que são a linguagem da teoria, se dividem em variáveis dinâmicas, que dependem do estado do sistema, e em parâmetros do sistema, que não dependem do estado do mesmo. Por último, as leis de evolução do sistema, que descrevem o comportamento deste no tempo, são as equações do movimento e as leis de conservação, que por sua vez constituem expressões dos princípios de causalidade e de relatividade em sua expressão mais ampla. Este tipo de ELE pode ser utilizado com sucesso no momento de apresentar, resumir e generalizar os conteúdos das partes componentes da disciplina Física Teórica.

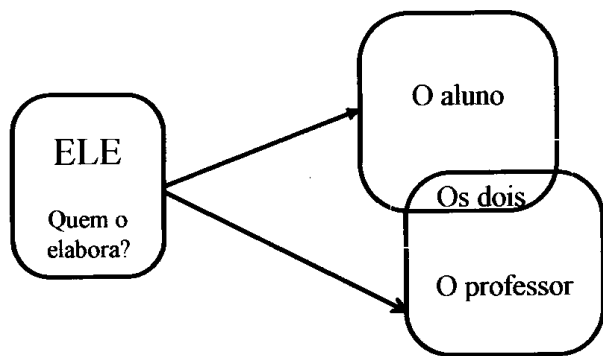


Figura 4. Classificação dos ELE de acordo com quem os apresenta ou os elabora durante a execução do processo de ensino: Os ELE podem ser elaborados e apresentados pelo professor, pelos alunos, ou pelos dois em conjunto.

Os ELE, de acordo com quem os confecciona e de acordo com o momento em que se elaboram, classificam-se como se mostra nas figuras 4 e 5. Quisemos tratar estes dois aspectos em conjunto pelo fato de encontrarem-se estreitamente relacionados. Os ELE podem ser elaborados só pelos estudantes e também só pelo professor (Ciência do estudante e Ciência do Professor [em Rinaldi e de Paulo, 1995]), e também podem

realizar-se num trabalho conjunto dos discentes e do docente (fig. 4).

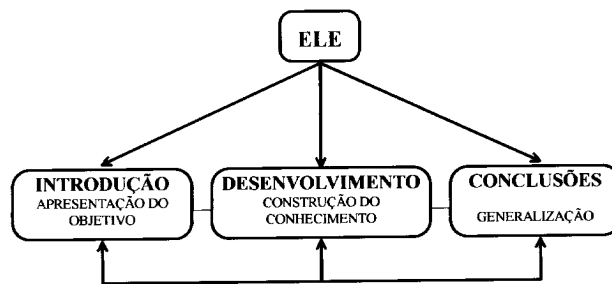


Figura 5. Classificação dos ELE de acordo com o momento que se escolhe para sua apresentação ou elaboração: durante a introdução aos conteúdos, durante o desenvolvimento deles ou durante as conclusões da unidade de conteúdo em questão.

A variante que se selecione dentro destas depende em grande medida do objetivo que tem que ser atingido e do momento que se escolha para utilizar o ELE. Logicamente que o melhor seria que os estudantes só, sem a ajuda do professor, fossem capazes de confeccionar os ELE como meio para a construção e sistematização dos seus conhecimentos. Isto não quer dizer que a presença do professor não seja importante, pois é ele o coordenador e orientador da atividade dos alunos. A participação do professor deve ser discreta, mínima, dando aos estudantes a possibilidade de se desenvolver e de construir o seu sistema de conhecimentos por eles mesmos.

Um outro elemento a ser considerado é o momento que se escolhe para a confecção ou apresentação dos ELE (ver figura 5), podendo ser durante a introdução à disciplina, ao tema ou à aula, quer dizer, quando se faz a apresentação do objetivo da unidade de conhecimentos de que se trate. Podem ser também utilizados durante o desenvolvimento do conteúdo, alias, como via direta para a construção dos conhecimentos dos estudantes. E, por último, também podem ser utilizados durante as conclusões, perseguindo, no caso, a generalização dos conhecimentos dos estudantes.

Dinâmica para a confecção dos ELE nas aulas de física

A técnica para a utilização dos ELE como via para a construção e generalização dos conhecimentos dos

alunos pode ser a mais variada possível. Podem ser apresentados, ou melhor ainda, ser orientada a sua construção, no momento de fazer o resumo de determinadas aulas, temas ou cursos, como forma para a generalização e sistematização dos conhecimentos dos estudantes. Podem também ser utilizados, como se explicou anteriormente, no momento de apresentar conteúdos pela primeira vez: apresentação de um tema ou de uma disciplina, segundo fosse o caso. Também podem ser apresentados aos alunos esquemas incompletos ou “quase em branco”, para serem completados por eles em trabalho conjunto com o professor em sala de aula, podendo ser desenvolvidos na aula-resumo de um determinado tema ou de uma disciplina dada. Podem também ser utilizados durante o desenvolvimento de um determinado tema para sistematizar determinados conteúdos específicos. A experiência indica que estas últimas formas são as que conseguem incentivar em maior medida o interesse dos estudantes e alcançar, desta maneira, uma mais elevada sistematização dos conhecimentos.

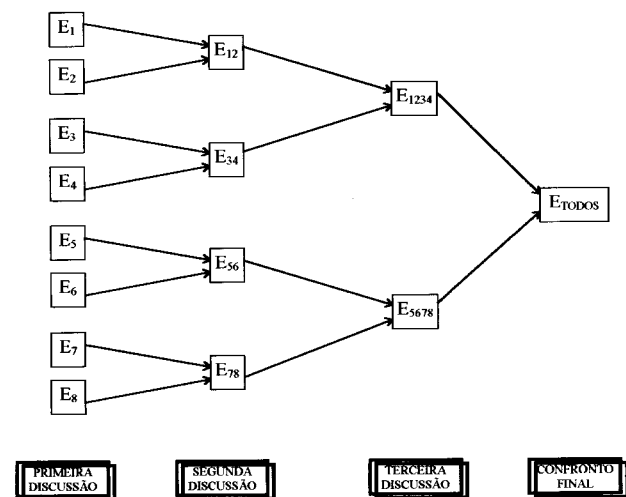


Figura 6. Esquema seguido para chegar a um consenso acerca do ELE que melhor refletisse a estrutura interna do sistema de conhecimentos de um determinado tema. Os pequenos grupos 1,2,...,8, depois de chegar às suas próprias conclusões, se reuniam em duplas para chegar a um novo consenso, e assim por diante até chegar ao confronto final, onde era elaborada a “versão final” do ELE para o tema em discussão.

A experiência de vários anos de trabalho utilizando esta técnica nos levou à conclusão de que o mais simples e ao mesmo tempo mais produtivo para os alunos, consiste em pedir para eles determinarem os elemen-

tos essenciais do sistema de conhecimentos de uma unidade de conhecimentos, tais como conceitos, leis, etc., escrevendo-os em quadros diferentes e colocando-os em uma ordem a mais próxima possível à ordem de aparição deles no contexto de uma disciplina docente, e a mais próxima possível a sua ordem de hierarquização. Depois se pede para os estudantes unirem os quadros mediante linhas, de acordo com o nível de relacionamento e de subordinação dos elementos do sistema de conhecimentos. Desta forma se obtém o ELE em sua forma primitiva, só faltando, então, realizar o seu ordenamento, organização e melhoria.

Outra forma de proceder, mais próxima aos mapas conceituais (Pérez, 1994), e que também experimentamos com sucesso em várias ocasiões, foi pedir aos estudantes que escrevessem os 10 conceitos mais significativos de uma temática dada, que os hierarquizassem, e que, logo depois, os unissem mediante linhas de interconecção, escrevendo nestas últimas duas ou três palavras que esclarecessem a relação entre os conceitos. Depois, esses esquemas eram questionados e aperfeiçoados em duplas, depois em quartetos, e assim por diante, até chegar a uma generalização para toda a turma de alunos, seguindo um esquema semelhante ao da figura 6.

Descreveremos seguidamente a experiência já mencionada, realizada na Universidade de Pinar del Río, Cuba, nas especialidades de Engenharia Florestal e de Geologia. O grupo de Engenharia Florestal do 2º ano, curso regular diurno, contava com 41 alunos, divididos em dois subgrupos para a realização das aulas práticas de solução de exercícios, e a disciplina que se trabalhou com eles foi a Física I, aliás Mecânica e Física Molecular com elementos de Termodinâmica⁵. Ao terminar cada um dos temas do curso, e antes da realização da prova parcial correspondente, se dividia a turma em pequenos grupos de 3 ou 4 alunos, e se pedia para eles tentarem construir um esquema que refletisse os elementos do conhecimento que, segundo o entendimento deles, fossem os mais importantes dentro do tema recém estudado, unindo-os depois mediante segmentos de reta de acordo com os níveis de subordinação e de relacionamento, tal e como foi explicado acima. Depois que cada

⁵A Física que recebem em Cuba os estudantes de Engenharia Florestal é chamada de primeiro nível, que consiste em duas sub-disciplinas: Física I (Mecânica e Física Molecular - Termodinâmica) e a Física II (Eletro- magnetismo e elementos de Óptica e Física Moderna), tendo cada uma delas uma duração de aproximadamente 80 horas.

equipe concluiu a tarefa, se confrontava o trabalho das mesmas em duplas aliás, se formavam novas equipes, a partir das equipes antigas (ver fig. 6) e se repetia a operação, só que neste caso, já confrontando e enriquecendo as opiniões das duas equipes originais. De-

pois este procedimento era repetido até chegar a uma discussão-confronto das duas equipes finais, na qual, por consenso, se chegava ao ELE definitivo dessa turma para o tema em questão, que no caso desse grupo, para o tema de Cinemática, é mostrado na figura 7.

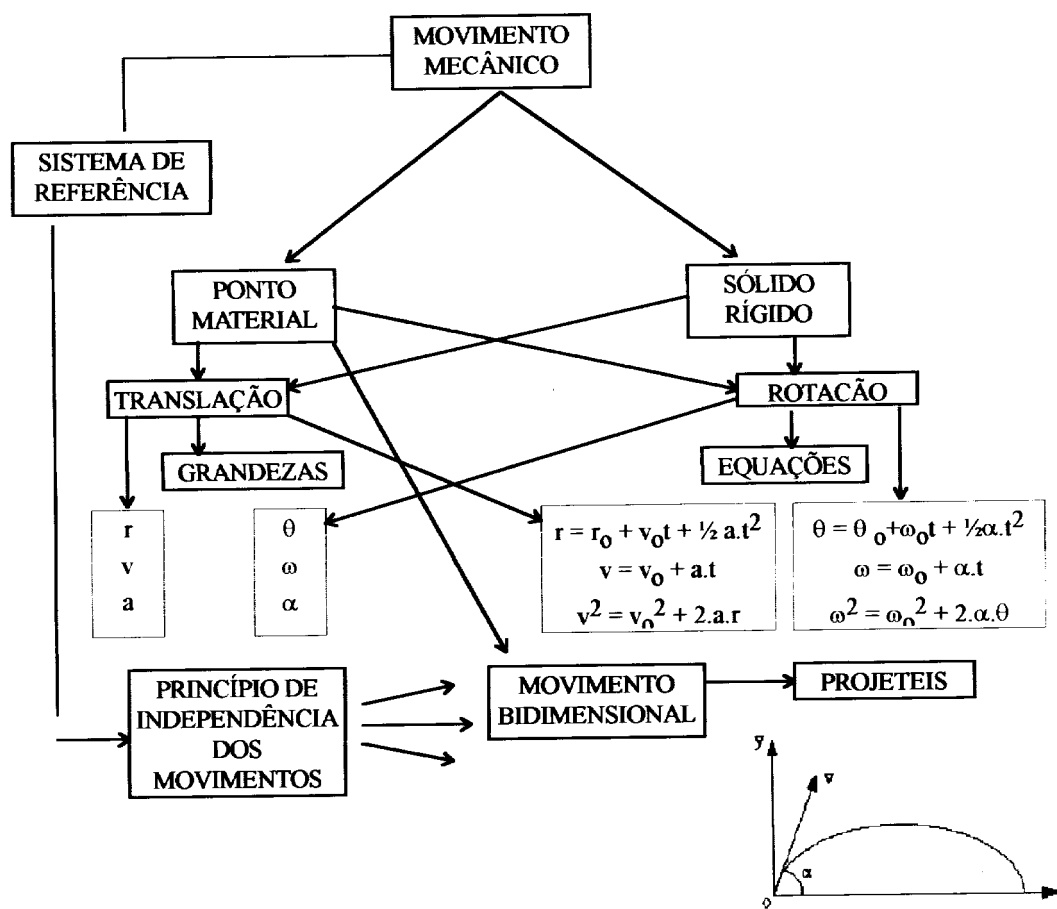


Figura 7. Esquema lógico-estrutural para os conteúdos de Cinemática, elaborado por estudantes universitários de 2º ano de Engenharia Florestal da Universidade de Pinar del Río, Cuba, na disciplina de Física I durante o curso escolar 1994-1995.

A experiência efetuada no grupo de Geologia, no 1º ano, curso regular diurno, se desenvolveu também na sub-disciplina de Física I⁶, seguindo um esquema de trabalho similar ao mostrado na figura 6, só que adaptado ao menor número de alunos no grupo (11 alunos). Na figura 8 se mostra o ELE confeccionado pelo grupo

na confrontação final para o caso do tema de Leis de Newton, Trabalho e Energia e Leis de Conservação. É de notar o grau de perfeição do ELE elaborado pelo grupo de Geologia, verificando-se que foram capazes de relacionar os elementos essenciais do sistema de conhecimentos deste tema, apesar da complexidade do mesmo.

⁶A especialidade de Geologia recebe uma Física de nível II, composta de três sub-disciplinas: Física I (Mecânica e Física Molecular-Termodinâmica), Física II (Eletromagnetismo) e Física III (Óptica e elementos de Física Moderna), cada uma delas com 80 horas aproximadamente.

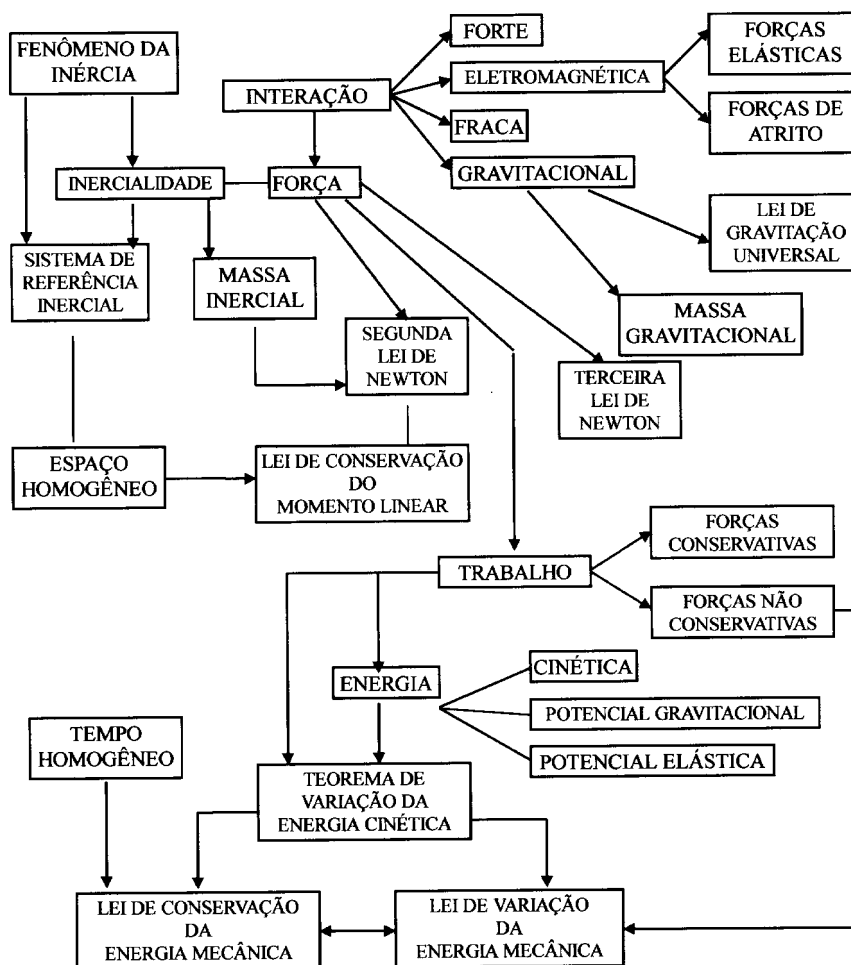


Figura 8. Esquema lógico-estrutural para a Dinâmica da Translação, elaborado pelos estudantes de Geologia do 1^o ano da Universidade de Pinar del Río, Cuba, curso 1995-1996, na disciplina de Física I.

Um trabalho semelhante foi desenvolvido pelo autor com estudantes da Licenciatura Plena em Física da Universidade Federal de Mato Grosso durante o segundo semestre do curso 1996 na disciplina Mecânica Clássica, e o resultado do trabalho dos alunos é mostrado na figura 9. Devemos esclarecer que neste último caso o professor limitou ao máximo a sua influência sobre os alunos, de maneira que o ELE mostrado foi resultado, exclusivamente, do esforço intelectual do grupo de estudantes.

Algo interessante e digno de ser mencionado é o fato seguinte: os estudantes em geral aceitavam com entusiasmo e interesse a confecção de ELE sistemati-

zadores de elementos dos conteúdos, trabalhando com uma atenção e uma dedicação que não se observa em geral nas aulas tradicionais de Física. Também se observou o fervor com que, nas confrontações, defendiam os seus pontos de vista expressados em suas próprias versões de ELE. De maneira que a elaboração destes ELE, além de servir para construir, generalizar e sistematizar os conhecimentos dos estudantes, serviram também para elevar o interesse dos alunos pela disciplina de Física, e também para desenvolver alguns aspectos positivos da personalidade, tais como aprender a defender seus pontos de vista e apreciar a beleza estética de um esquema ELE bem elaborado.

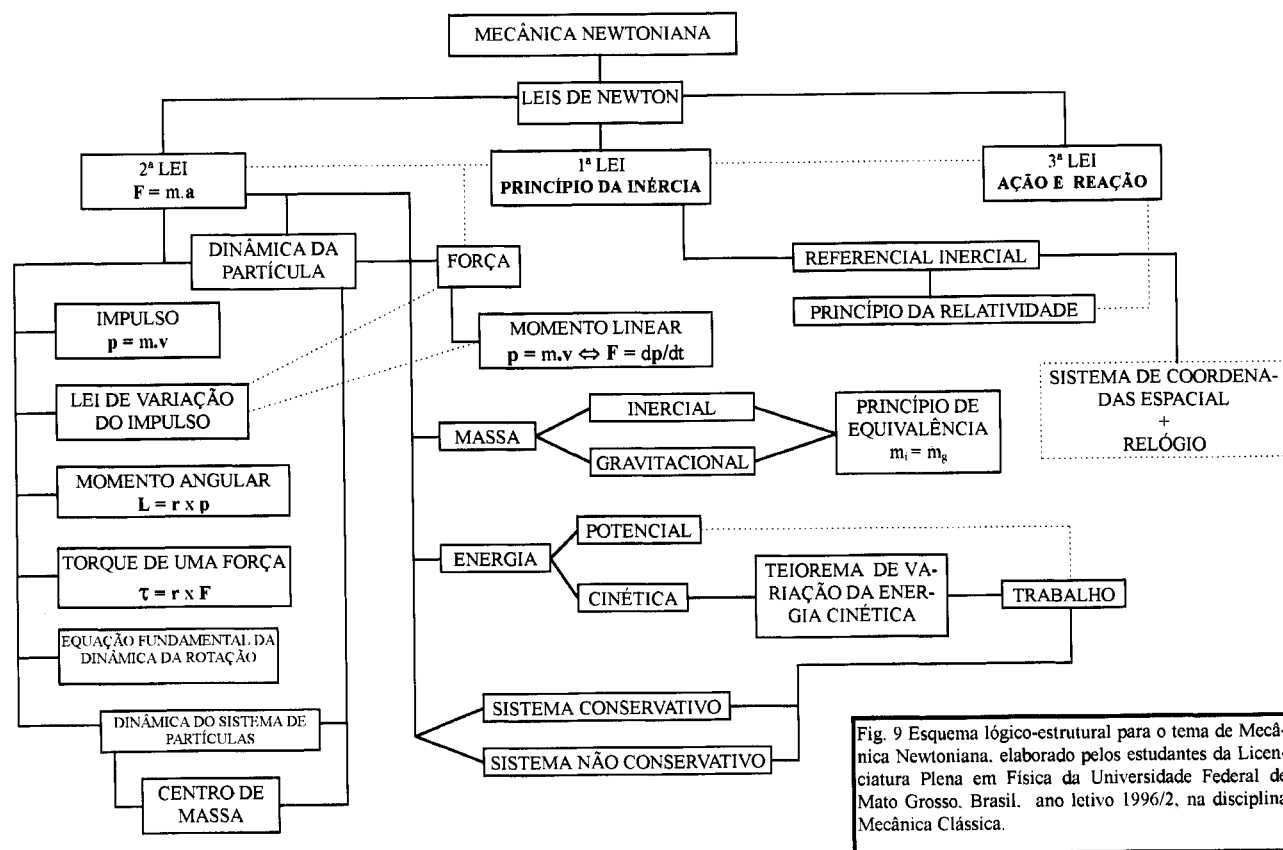


Fig. 9 Esquema lógico-estrutural para o tema de Mecânica Newtoniana. elaborado pelos estudantes da Licenciatura Plena em Física da Universidade Federal de Mato Grosso. Brasil. ano letivo 1996/2, na disciplina Mecânica Clássica.

Conclusões

- O uso adequado dos ELE no processo de ensino da Física resulta sempre útil, pois aproxima o estudante da lógica da própria Ciência Física. A epistemologia do pensamento físico é semelhante à epistemologia de todo pensamento verdadeiramente científico. O ato de ensinar o estudante a pensar e tomar decisões por ele mesmo é, talvez, a tarefa mais importante do processo de ensino (educação). E, se o uso dos ELE consegue isto ao menos em alguma medida, então o uso e aplicação deles estará totalmente justificado.
- O momento do processo de ensino selecionado para a confecção e/ou amostra de diferentes ELE pode ser, em princípio, qualquer um. O papel do professor deve ser discreto e mínimo, favorecendo a possibilidade de que cada estudante se sinta estimulado a trabalhar e que o seu trabalho e opiniões sejam respeitados. Deve se ter em conta que os ELE elaborados pelos estudantes, sempre que não tenham erros físicos e não possuam con-

tradições internas, são as construções próprias deles, aliás, sua visão acerca da estrutura lógica de um conhecimento físico determinado (sistema de conceitos, leis, teorias, quadros). Por isso é que estes ELE elaborados pelos estudantes são importantes e têm que ser devidamente considerados.

- A forma de elaboração dos ELE também pode ser a mais variada. Uma das mais produtivas é aquela em que a turma é dividida em pequenos grupos, pedindo que escrevam e organizem os elementos mais importantes do sistema de conhecimentos de uma unidade determinada de conteúdos, mostrando assim a sua historia e lógica internas. Depois esses trabalhos particulares se confrontam e discutem, até chegar a uma discussão-confronto final para toda a turma, onde é elaborada a versão definitiva do ELE.
- Consideramos que todas as idéias aqui expostas e trabalhadas por nós para o caso da disciplina de Física podem, em princípio, ser aplicadas com sucesso no processo de ensino de qualquer Ciência.

Bibliografia

- ÁLVAREZ, C. Epistemologia. Havana, MES, 1997.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Educational psychology: A cognitive view*. NY, Holt, Rinehart & Winston Inc., 1978.
- DRIVER, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en Ciencias. Madrid, Rev. Enseñanza de las Ciencias, **6** (2), 109 (1988).
- GALPERIN, P. Ya.; TALYZINA, N. F. *Formirovanie znaniy i ymeniy na osnove teorii poctapnovo usvoenia umstvennih destviy (A formação de conhecimentos e habilidades com base na teoria da assimilação por etapas das ações mentais)*. Moscou, MGU, 1968.
- GIL-PÉREZ, D. '¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de Ciencias?'. Madrid, Rev. Enseñanza de las Ciencias, **9** (1), 69 (1991).
- KUZNETSOV, I. V. *Struktura fizicheskikh teorii (Estrutura das teorias físicas)*. Moscou, Rev. Voprosy Filosofii, **11** (1), 86 (1967).
- LA TAILLE, Y. de; OLIVEIRA, M. K. de; DANTAS, H. Piaget, Vygotsky, Wallon: *Teorias psicogenéticas em discussão*. SP, Summus, 1992.
- LEONTIEV, A. N. *Deatelnost. Soznanie. Litchnost (A Atividade. A Consciência. A Personalidade)*. Moscou, Politizdat, 1975.
- MARX, K.; ENGELS, F. *Obras Escolhidas*, Vol. 2. SP, Alfa-Omega, s.a.
- MOREIRA, M. A.; SALZANO MASINI, E. F. *Aprendizagem Significativa; a teoria de David Ausubel*. SP, Moraes, 1982.
- NAUMOV A. I. *Professionalnaya napravlennost kursa teoreticheskoi fiziki v pedagogicheskikh institutah (Orientação Pedagógico-Profissional do curso de Física Teórica nos institutos Pedagógicos)*. Moscú, IPPEM, 1988.
- MULTANOVSKY, V. V. *Fizicheskie vzaimodéistvie i kartina mira v shkolnom kurse fiziki (Interações físicas e quadro do mundo no curso escolar de Física)*. Moscou, Prosveshenie, 1977.
- NOVAK J.P. Ayudar a los alumnos aprender a aprender. Santiago de Compostela, Rev. Investigaciones y experiencias didácticas, **1** (1), 119 (1989).
- PÉREZ, R.; GALLEGO-BADILLO, R. *Corrientes constructivistas*. Bogotá, Magisterio, 1994.
- PIAGET, J. *Seis estudos de Psicologia*. 11a edição. RJ, Forense Universitária, 1982.
- RINALDI, C. , PAULO, S. R. de. Concepções alternativas e o ensino de Física. Cuiabá, Rev. Educação Pública, **4**(6), 117 (1995).
- RINALDI, C., RODRÍGUEZ R., J. A., PAULO, S.R. de. O ensino de Física em Mato Grosso. Florianópolis, Rev. Caderno Catarinense de Ensino de Física, **14** (1), 93 (1997).
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, J.A. La aplicación del esquema lógico-estructural al programa de Física II. Havana, Rev. Pedagogía Cubana, **5** (1), 89 (1990).
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, J.A. *Metódika formirovaniy osnovnykh poniyatiy i polozheniy Kvantovoi Mekhániki v kurse teoreticheskoi fiziki pedvuzov Respubliki Kuby (Metodologia para a formação dos conceitos e colocações fundamentais da Mecânica Quântica)* (Tese de Doutorado). Moscou, IPPEM, 1988.
- SHATALOV V.F. et al. *Opornye signaly na fiziki dlia 6 klassa (Sinais de apoio em Física para 6ª série)*. Kiev, Raduga Shkola, 1978.
- SHEPELEVICH, G.S. et al. *Ob ispolzovanii strukturno-logicheskikh skhem pri izutchenii kvantovoi mekhániki (Acerca do uso dos esquemas lógico-estruturais no estudo da mecânica quântica)*. Moscú, Vyschaja Shkola, **9** (1), 26 (1982).
- TALYZINA, N. F. *Upravlenie protsessu usvoenia znaniy. (Direção do processo de assimilação dos conhecimentos)*. Moscou, MGU, 1975.