

## Resenha do Livro “Do Átomo Grego à Física das Interações Fundamentais” Editado por F. Caruso e A. Santoro

Jenner B. Bastos Filho

*Departamento de Física, Universidade Federal de Alagoas  
Campus da Cidade Universitária, Maceió, AL, 57072-970, Brasil*

Trabalho recebido em 15 de junho de 1996

O livro *DO ÁTOMO GREGO À FÍSICA DAS INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS*, editado por Francisco Caruso e Alberto Santoro, dois destacados pesquisadores de nossa comunidade que dedicam esforços em prol do desenvolvimento da física de altas energias no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF/RJ), tem o mérito incontestado de ser uma contribuição relevante à literatura para-didática na área de física fundamental. Trata-se de uma brochura de 301 páginas contendo trabalhos apresentados na I Escola Internacional de Física de Altas Energias do LAFEX/CBPF (LISHEP 93) dedicada a professores de 2º grau, licenciandos e à divulgação científica.

É altamente louvável que pesquisadores de alto nível tenham se dedicado com tanto empenho à esfera do ensino e da divulgação científica e, deste modo, tenham mostrado que essa atividade é tão nobre e importante quanto a atividade de pesquisa especializada. Outro aspecto louvável é que se trata de um trabalho pioneiro desse porte, importância e escopo, ainda mais se considerarmos a alta qualidade dos articulistas escrevendo na nossa língua. É gratificante ter a notícia que o sucesso da primeira edição foi tal que uma segunda edição melhorada, no aspecto da revisão, se encontra em curso.

A preocupação dos editores é tão necessária quanto clara: se a comunidade científica não se comprometer, de alguma maneira, com o ensino de ciências nas escolas elementares poderemos “assistir, passivamente, ao prevailecimento do ocultismo intelectual.” Há várias formas e maneiras de contribuir, todas elas necessárias. Cada pesquisador deve escolher, em vista de sua própria

vocação, a melhor maneira de contribuir. O importante é que o faça.

São apresentadas contribuições de dois tipos: palestras que compuseram os cursos ministrados na Escola e mesas-redondas sobre temas importantes para o ensino e a divulgação da ciência.

O trabalho de abertura é o do consagrado professor José Leite Lopes intitulado *DO ÁTOMO PRÉ-SOCRÁTICO À TEORIA DA RELATIVIDADE*. Em 37 páginas Leite Lopes tenta sintetizar 25 séculos de evolução do pensamento humano. Mas, no princípio do artigo ele adverte que se trata de algo impossível. Num estilo lépido, informal e claro, expresso numa linguagem mais falada do que escrita, Leite Lopes centra a sua revisão da física em nomes que deram contribuições seminais, entre os quais, naturalmente, Galileu, Newton, Faraday, Maxwell e Einstein.

Para se entender bem a física é necessário se ter clareza da importância da contribuição de Galileu, seu fundador. Leite Lopes o faz muito bem ao dizer com palavras simples que Galileu realiza duas importantes unificações: (a) que repouso e movimento retilíneo uniforme são a mesma coisa; (b) que o mundo sub-lunar e o mundo supra-lunar são de fato o mesmo mundo.

Podemos citar como uma das características da palestra de Leite Lopes a ênfase na procura de um princípio unificador que explique a diversidade do real. Desde os gregos, passando por Galileu e Newton, por Maxwell, e enfim por Einstein, a revisão cobre um período longo que termina em 1916 com a formulação

da teoria geral da relatividade. A unificação newtoniana da física de Galileu com a astronomia de Kepler, a unificação maxweliana da eletricidade com o magnetismo e com a ótica, a unificação einsteiniana constituída pela equivalência entre campos gravitacionais e sistemas não inerciais (princípio da equivalência), o espaço e o tempo absolutos de Newton, o atomismo newtoniano, e a refutação einsteiniana dos absolutos newtonianos são alguns dos temas tratados.

As inevitáveis lacunas de uma revisão de 37 páginas cobrindo um período tão longo como a Antiguidade Grega, a Idade Média, o Renascimento e a Física pós-galileana não tiram nem o brilho nem a continuidade da exposição. São abordados ainda temas de interesse como o espaço relacional de Leibniz em competição com o espaço absoluto de Newton, os turbilhões de Descartes, o problema da ação a distância, o éter, entre outros.

Um pequeno lapso: na pág. 25 aparece o ano de 1687 referindo-se à publicação da Ótica de Newton. Na verdade esse é o ano da primeira publicação dos Principia; o da primeira publicação da Ótica é 1704.

Os três artigos seguintes são respectivamente, *DIVIDINDO O INDIVISÍVEL* do Professor Francisco Caruso do CBPF e da UERJ, *SOBRE O NASCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA MECÂNICA QUÂNTICA* escrito pelo Professor Caruso e pelo Professor Enrico Predazzi da Universidade de Turin - Itália, e, *O DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS* escrito pela Professora Márcia Begalli da UERJ, pelo Professor Caruso e pelo Prof. Predazzi.

O segundo artigo desse sub-grupo referido acima diz respeito a uma breve revista de alguns desenvolvimentos da teoria quântica até a mecânica das matrizes de Heisenberg e a equação de Schrödinger. Ao nosso ver, o artigo é bastante acessível ao público alvo.

No primeiro artigo desse sub-grupo, *DIVIDINDO O INDIVISÍVEL*, Caruso escreve que antes da identificação com os *partons*, os *quarks* eram vistos como entidades matemáticas mneumônicas, a partir das quais se construíam os *hádrons*. A experiência dentro do limite de  $10^{-16}$  cm =  $10^{-18}$  m não mostra qualquer estrutura para os *quarks*, que supostamente são os constituintes dos *hadrons*, e para os *léptons*.

No terceiro artigo do sub-grupo acima, Begalli, Caruso e Predazzi discutem que a concepção

de *partícula sem estrutura = partícula elementar = partícula pontual não corresponde* ao conceito de *partícula estável*. Por exemplo, o *tau é elementar*, isto é, não exibe estrutura para energias compatíveis com o limite  $10^{-16}$  cm =  $10^{-18}$  m, mas ele próprio “*se desintegra espontaneamente em partículas que, elas mesmas, apresentam estrutura !!!*” Vê-se portanto que o critério de *desintegração* não é adequado para a demarcação de elementaridade. Os autores mostram que algo elementar (isto é, sem estrutura) pode decair em constituintes exibindo estrutura, o que parece incompreensível se pensarmos em partículas como bolinhas pontuais à la Newton. Cremos que talvez aí faça falta uma concepção realista da dualidade objetiva na trilha de de Broglie de Einstein. Também é necessário notar que o nome *partículas* não deve ser tomado em sentido absoluto pois suas massas não são apenas devido às massas newtonianas; elas são, principalmente, devido aos enormes campos implicados, e esses, enquanto energias, são dotados de massas. Com o exemplo do próton, também uma situação problemática aparece: o próton é estável, mas é composto de *quarks*. Se a estabilidade fosse um bom critério para a elementaridade de uma partícula, então o próton seria elementar. Os prótons, por sua vez, não podem ser decompostos em seus constituintes pois esses últimos, os *quarks*, são necessariamente *confinados*. Por outro lado, o próprio tempo de estabilidade do próton ( $10^{32}$  anos) é maior que o tempo de vida do Universo !!!

Ao nosso ver, e apenas com essas informações, estamos diante de uma situação não testável em pelo menos dois níveis: em primeiro lugar,  $10^{32}$  anos é um tempo não refutável, ou pelo menos, é dificilmente refutável e, muito provavelmente, não susceptível de reprodução; em segundo lugar, se o próton não pode se partir em *quarks*, qual a garantia que temos de realidade ontológica dos mesmos ?

Não nos parece suficiente esclarecido nos artigos apresentados o porquê deles (os *quarks*) não serem mais considerados entidades mneumônicas se a teoria tem poder explicativo apenas com a intervenção de muitos parâmetros ajustáveis e muitas novas partículas hipotéticas. A analogia de toda essa situação com a *salvação dos fenômenos* à la Ptolomeu não nos parece apenas retórica. Ela é de fato bastante real. Sem

dúvida, tanto no artigo *DIVIDINDO O INDIVISÍVEL* do Prof. Caruso quanto no artigo *A NATUREZA DA NATUREZA* do Prof. Ronald Cintra Shellard da PUC/RJ encontramos comentários de que o resultado segundo o qual os *hádrons* (por exemplo *próton* e *neutron*) apresentarem estrutura decorre da análise do espalhamento fortemente inelástico envolvendo elétron e próton, através de uma inferência, de alguma maneira análoga à feita por Rutherford quando da descoberta do núcleo atômico em 1911. Como sabemos, para cada 10.000 partículas alfa espalhadas por finíssimas folhas de ouro, apenas uma, em média, era defletida segundo ângulos tais que indicavam um forte desvio. Rutherford inferiu que o átomo era tal que para cada 10.000 vazios há um cheio, sendo, esse último, o núcleo do átomo. De maneira semelhante, aquilo que o Prof. Shellard chama de “*tênue analogia com aqueles[experimentos] realizados por Rutherford*” permite inferir que para energias compatíveis com  $10^{-16}$  cm =  $10^{-18}$  m algo semelhante acontece em relação aos *hádrons* (por ex. *prótons* e *neutrons*), mas não acontece em relação aos *léptons* (por ex. *elétrons*, *múons*, *pions* e seus respectivos *neutrinos*). Por isso a conclusão, pelo menos dentro dessa faixa de energia, é que os *hádrons* não são elementares pois são formados de unidades chamadas *quarks*, enquanto os *léptons* o são.

No pé de página da p. 182 de seu artigo, o Prof. Shellard escreve “*Os quarks foram inventadas como algoritmos para a classificação dos hádrons. Posteriormente, descobriu-se que eles tinham existência real, apesar de sempre confinados em sacolas hadrônicas*”. No pé de página da página seguinte, Shellard escreve: “*Por ocasião da redação deste texto, foi anunciado oficialmente a observação experimental de sinais inequívocos da produção de um par de quarks top e anti-top em colisões de prótons e suas antipartículas. Como esperado, a massa deste sabor é muito grande, cerca de 180 vezes a do próton.*” A mesma certeza parece compartilhada no longo, claro e bem documentado artigo de revisão do Prof. José Maria Filardo Bassalo do Departamento de Física da Universidade Federal do Pará intitulado *PARTÍCULAS ELEMENTARES: DO ÁTOMO GREGO A SUPERCORDA*. O Prof. Bassalo escreve na pág. 153: “*Por fim, no dia 26 de abril de 1994, o Fermilab produziu e detectou cerca de 12 quarks do tipo top com massa  $\sim 174$  GeV*”. No entanto,

a mesma certeza de que os quarks deixaram de ser mneumônicos (Caruso) ou, alternativamente, deixaram de ser *algorítmicos* (Shellard) e passaram a ser *reais* (Caruso, Shellard, Bassalo e todos os outros co-autores que no Livro abordam os temas de altas energias) não parece ser universalmente compartilhada. Por exemplo, no artigo de Robert Oldershaw ( *American Journal of Physics* **56**, n<sup>o</sup> 12 pp. 1075-1081 (1988)) encontramos o texto seguinte que, embora seja anterior ao dia 26 de abril de 1994, é bastante significativo: “*O paradigma padrão da física de partículas não foi capaz de retrodizer com sucesso as massas dos quarks e léptons ou a organização das partículas fundamentais em famílias regulares. Os valores de mais de 20 parâmetros que são cruciais para o paradigma tais como as massas das partículas, as intensidades de acoplamento das forças, e as magnitudes das violações CP [carga e paridade] não podem ser obtidas univocamente e porisso são livremente ajustáveis.*”

O artigo *COSMOLOGIA* do Prof. Mario Novello do CBPF/RJ apresenta um aspecto diferente dos outros artigos do Livro. Enquanto os outros autores parecem mais ou menos inseridos e engajados no(s) paradigma(s) dominante(s) da física de altas energias, o Prof. Novello revela-se um crítico duro do paradigma dominante da cosmologia: o BigBang (A Grande Explosão).

Novello escreve na página 250 sobre a singularidade inerente à Grande Explosão: “*Uma tal hipótese tem a segurança indesejável de não poder jamais ser contestada por nenhuma observação visto que o ponto zero está fora, e para sempre, de qualquer acesso. Ao longo dos últimos anos fomos bombardeados pela mídia nacional e internacional a respeito da ‘comprovação pelos cientistas’ deste cenário explosivo, o Big Bang.*” , e mais adiante, “*Entretanto, no final dos anos 80 vimos nascer modelos alternativos capazes de a um só tempo conciliar a ausência de singularidade inicial com a observação de um Universo em expansão. Este Universo Eterno apresenta uma série de respostas deixadas em aberto pelo modelo anterior.*”

Na verdade, há algo mais do que, simplesmente, modelos alternativos não exibindo singularidade e com poder explicativo tal a responder questões abertas pelo *big bang*. Há, além disso, confrontação aberta de resul-

tados. Exemplo emblemático diz respeito aos *quasares*. Se o *red shift* (*deslocamento para o vermelho*) exibido pelos objetos cosmológicos é interpretado como indicativo da distância de nós, então os altos valores observados dos *red shifts* dos *quasares* indicariam que esses estão nos confins do universo. No entanto, observações precisas feitas por Arp, Sulentic e outros (ver *FRONTIERS OF FUNDAMENTAL PHYSICS*, Eds. M.Barone/F.Selleri, Plenum Press, NY, 1994 ) sugerem enfaticamente que esses *quasares* são expulsos dos núcleos de galáxias vizinhas, elas próprias exibindo *red shifts* muito menores. Essa circunstância estaria a sugerir que o efeito Doppler não é princípio explicativo universal para a atribuição de distâncias cosmológicas e assim, o *big bang* estaria em sérias dificuldades.

Outra crítica ao *big bang*: a radiação de fundo de  $2,7^{\circ}\text{K}$  é interpretada à luz do modelo do *big bang* como uma “comprovação” feita por Penzias e Wilson em 1965 do “resíduo fóssil” da *singularidade* inerente à grande explosão o que fez J. Gould observar, ironicamente, que “flagraram Deus no momento da Criação”. No entanto, dois físicos brasileiros André Koch Torres Assis, Professor da Unicamp, e Marcos Neves, Professor da Universidade Estadual de Maringá, publicaram um artigo na revista canadense *APEIRON* (Vol 2 nº 3, July 1995 pp. 79-84) intitulado *HISTORY OF THE 2.7° K TEMPERATURE PRIOR TO PENZIAS AND WILSON* no qual mostram, que outros princípios explicativos, diferentes do efeito Doppler, anteriores à conjectura de Gamow e, com maior razão, anteriores à descoberta de Penzias e Wilson, dão conta da radiação de fundo.

Creemos ser fundamental para qualquer público alvo, seja ele constituído por cientistas experientes, estudantes, professores do 2º grau etc., ter ciência das teorias rivais. Apresentar ao público somente aquelas que são consideradas *standard*, nos parece empobrecer a discussão e não tratar as pessoas como seres adultos e dotados de discernimento. Naturalmente muitos poderão discordar disso ao argumentar que uma fase “dogmática” deve preceder a uma fase “crítica”. No entanto considero que a fase crítica deve ser estimulada desde cedo pois corre o perigo que ela venha tarde demais.

O artigo *A FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS E A RELAÇÃO CIÊNCIA TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO* do Prof. Alberto Santoro do

CBPF/RJ mostra como um grande projeto, embora não acessível a país algum isoladamente, qualquer que seja o seu grau de desenvolvimento, torna-se viável, através de um somatório de esforços de vários países. Argumenta Santoro que “*a ciência não progride à margem de uma economia e de uma tecnologia*” (p.202) e que “*foram as armas da comunicação e da informação que desfizeram idéias e ideologias*” (p.210). Santoro dá ênfase ao fato dos enormes esforços combinados a níveis econômico, científico e tecnológico terem sido amplamente recompensados nos desenvolvimentos de supercomputadores, eletrônica rápida, alto vácuo, baixas temperaturas robótica, mecânica fina, novos materiais, transmissão de energias, redes de comunicação, métodos matemáticos, entre outros. Outrossim, foram implantados desenvolvimentos recentes na área do combate ao câncer como o projeto desenvolvido em conjunto pela Linda Loma University e o Fermilab com o fito de construir um hospital inteiramente dedicado ao tratamento do câncer, baseado em complexo de aceleradores. Como um outro exemplo emblemático de feliz união entre ciência e tecnologia Santoro cita o prêmio Nobel atribuído a Carlo Rubbia (físico) e a Van der Meer (engenheiro) pela detecção dos bósons vetoriais responsáveis pela interação fraca.

O artigo *COMPUTAÇÃO DE FÍSICA DE ALTAS ENERGIAS E OUTRAS APLICAÇÕES* dos engenheiros do LAFEX/CBPF Carla de Barros e Mariano Miranda aborda a grande abrangência do desenvolvimento competitivo da informática (*software e hardware*) no contexto de suas relações com a Física de Altas Energias como um exemplo privilegiado das relações entre ciência e tecnologia. Os autores ainda dão ênfase à vantagem dos computadores do LAFEX estarem conectados entre si através de uma rede interna e também à rede *Internet*. O uso de computadores no ensino é também altamente recomendado.

O artigo *A RELEVÂNCIA DO ENSINO DA FÍSICA ATÔMICA E DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES NO CURRÍCULO DO 2º GRAU* da Professora Beatriz Alvarenga, Professora Emérita do Instituto de Ciências Exatas da UFMG conclama a responsabilidade e a colaboração daqueles que, num país de baixíssima escolaridade, tiveram a fortuna de estudarem por longos anos. A Professora Alvarenga

constata, com tristeza, que nos últimos tempos cada vez mais a comunidade científica tem se afastado dos graves problemas do ensino de ciências nos 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> graus. Prossegue dizendo que essa participação é fundamental para diminuir a grande lacuna entre os conteúdos das grades curriculares e os desenvolvimentos recentes da ciência pois, esses últimos são, os mais susceptíveis de despertar interesse nos estudantes. E imperiosa a participação daqueles que podem contribuir para a diminuição desse fosso. A Professora Alvarenga recorda-se de como foram profícuas as participações de físicos na atividade do ensino e conta como ela própria foi sobremaneira beneficiada em sua formação básica pela leitura de um livro de Enrico Fermi dedicado aos estudantes secundários. Tece ela comentários sobre muitos outros exemplos de físicos dando contribuições relevantes ao ensino tais como Landau, Rogers, Holton, Salam, Feynman, Salmeron, Leite Lopes, Tiomno, Nussensweig, Hamburger e outros.

A Professora Alvarenga, entre muitos outros aspectos interessantes, comenta sobre as tentativas, principalmente a nível internacional de congressos inteiramente dedicados à diminuição desse fosso entre o ensino corrente e os novos desenvolvimentos científicos.

No livro, constam também as discussões que tiveram lugar durante o evento por ocasião da realização das mesas-redondas.

Foram realizadas duas mesas redondas: a primeira intitulada *A MÍDIA, A DIVULGAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA* composta pelo jornalista e jurista José Monserat Filho, pelo jornalista Milton Temer e pelo Prof. Santoro; a segunda intitulada *O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA* composta pelos Professores Beatriz Alvarenga, José Maria Filardo Bassalo, Francisco Caruso e Antonio Pimenta, esse último professor da SEFA e do Colégio Don Quixote. Dois temas importantes, urgentes e necessários.

A primeira mesa redonda começa com uma manifestação de indignação do prof. Santoro com a publicação de uma matéria no *New York Times* intitulada *O fim da física de partículas* e com a pretensa “descoberta” de Deus através da ciência veiculada no programa dominical *Fantástico* da rede Globo. Os oradores desenvolvem discussões sobre a influência desproporcional da mídia, principalmente a televisiva, e o seu

interesse apenas pelo que desperta emoção no grande público. Os programas do tipo “pinga-sangue” (por exemplo o *Aquí e Agora* do SBT) os quais “mostram a vida como ela é” emocionam o grande público e *ipso facto* tem grande audiência, pre-requisito para o *mercado*. Dificilmente a ciência pode competir. A mídia tem uma racionalidade diferente daquela da ciência. Deste modo, torna-se um grande desafio tornar a ciência assunto privilegiado na mídia.

A segunda mesa redonda *O LIVRO DIDÁTICO DE FÍSICA* também foi muito substancial. O Prof. Bassalo argumenta com propriedade: “*Eu tenho há algum tempo, defendido a idéia de que o livro-texto deve apresentar a História da Física, no caso do livro de Física que estamos discutindo aqui.*” De fato, não se pode fazer História do que não se entende muito bem. Em virtude disso, o prof. Bassalo enfatiza o estudo aprofundado dos conteúdos. Todos os oradores (Alvarenga, Bassalo, Caruso e Pimenta) são unânimes em acentuar que o livro didático, bem como a sua judiciosa escolha, desempenham papel muito importante; advertem para o perigo desse importante mister ser entregue a pessoas insuficiente e inadequadamente preparadas. A enorme responsabilidade daqueles que dominam os conceitos é ressaltada. Essas pessoas devem dedicar parte de seus tempos preciosos aos níveis mais elementares.

Comentários finais: Um belo trabalho de Caruso e Santoro. Trata-se de uma feliz iniciativa pois, na nossa língua, a literatura sobre o tema é rara. O público alvo tem a oportunidade de usufruir de uma grande quantidade de informação passada por gente de alto nível com numerosas publicações de qualidade. No entanto, ao nosso ver dois aspectos precisam ser mais cuidados:

O primeiro é meramente circunstancial, decorre da falta de tempo para fazer uma revisão cuidadosa; os erros tipográficos são muitos; a nova edição, felizmente, vai superar essa falha.

O segundo creio que seja mais substancial e fica como uma sugestão para uma próxima Escola. Apresentar a ciência como embate de Escolas e Teorias rivais, tanto no que diz respeito às mesas redondas quanto no que diz respeito aos artigos escritos sob pontos de vista distintos. Provavelmente isso ajuda a tornar a ciência mais interessante.