

Francisco Caruso, Vitor Oguri, Alberto Santoro (Organizadores)
Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2005.
ISBN: 85-7401-171-1

I. Considerações Preliminares

O livro em tela representa um esforço de físicos que trabalham no campo das partículas elementares e consideram a divulgação científica e o ensino de ciências como atividades importantes, sem as quais a formação de quadros qualificados se veria seriamente prejudicada com graves conseqüências para o futuro do país.

O livro é constituído de 321 páginas divididas em 16 capítulos que foram escritos por 15 autores diferentes, sendo que 13 deles trabalham em Instituições de Ensino e Pesquisa brasileiras, um no Laboratório Leprince Ringuet de Palaiseau Cedex França da Escola Politécnica e outro no Fermilab nos Estados Unidos da América. São autores do livro, além dos Professores Francisco Caruso, Vitor Oguri e Alberto Santoro (Organizadores), os Professores José Maria Filardo Bassalo, Roberto Salmeron, Sérgio Joffily, Ronald Cintra Shellard, Hélio da Motta, Jorge Luis Vivas Barreto, Gilvan Alves, Alfredo Marques, Marcelo M. Guzzo, Adriano A. Natale, Márcia Begalli e Dan Green.

Os artigos foram compostos a partir dos teores das palestras proferidas pelos autores, todos eles atuando no campo da Física de Partículas Elementares. Essas palestras foram proferidas no período de 8 a 12 de janeiro de 2001 na Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

Dentre os três eventos do gênero que foram organizados pelos professores Caruso, Santoro e colaboradores, os quais possibilitaram publicações ulteriores de grande valia para o público alvo constituído pelos professores do ensino médio e licenciandos, posso dizer que conheço a primeira publicação, pois tive ocasião de escrever uma resenha sobre o livro correspondente^[1].

⁺ Elementary Particles: One hundred years of discoveries

^{*} *Recebido: abril de 2006.*
Aceito: abril de 2006.

A fim de enfatizar a felicidade do empreendimento que constitui a publicação do livro em tela e para dar um exemplo que vai nesta direção, é conveniente ressaltar que o documento brasileiro da *Agenda 21*^[2] elegeu *Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Sustentável* como um dos seis eixos temáticos urgentes para o nosso país.

Dentre os vários problemas detectados, que requerem solução urgente, ainda que parcial, podemos listar três deles que são, de certa maneira, correlacionados entre si: i) o primeiro se refere à enorme carência de professores de ciências, apontada pelo documento, e em relação a qual uma *Política de Estado* permanente e duradoura deve ser implementada e não simplesmente constituir-se em bolhas de atendimentos em épocas pré-eleitorais; ii) o segundo se refere às catastróficas diferenças regionais, que inclusive existem no seio das próprias regiões do país, fato que ameaça seriamente o pacto federativo, podendo até mesmo severamente esgarçá-lo; iii) o terceiro diz respeito ao descompasso entre a participação da produção da ciência brasileira no contexto da ciência mundial, avaliada como algo em torno de 1,5%, e os nossos patamares de inovação tecnológica, avaliados pelo número de patentes, os quais, segundo indicadores considerados confiáveis, significam apenas 1/20 dos correspondentes índices relativos à produção científica. Muito provavelmente esse descompasso está relacionado, por um lado, com a baixa sinergia entre academia, governo, empresariado e demais setores relevantes, e por outro, com vícios históricos do nosso sistema educacional. Acrescente-se a isso uma avaliação do ensino e da produção acadêmica que por mais que seja relevante – e de fato ela tem sido importante – também tem se apresentado como incompleta, relativamente descontextualizada e preponderantemente centrada em indicadores rígidos que limitam sobremaneira a liberdade de expressão e principalmente a liberdade de pensamento.

Creio que o livro editado pelos Professores Caruso, Oguri e Santoro seja uma aproximação relevante que valoriza o importante mister dos professores do ensino médio bem como o de outros professores, principalmente os de nível superior. Iniciativas e empreendimentos como esses contribuem, em conjunto com muitas outras circunstâncias, para a superação das carências, tanto daquelas numéricas (que já são bastante severas), quanto também, e não menos importante, para a superação das carências que dizem respeito a uma adequada preparação didático-científica dos professores.

O fato de professores que trabalham no sudeste editarem um livro pela Editora da Universidade Federal do Amazonas significa também – e isso não é de pouca monta – que foram envidados esforços de alta relevância para o fortalecimento dos laços federativos no nosso país. O capítulo de abertura escrito por um Físico e Educador respeitabilíssimo da região Norte como o nosso caríssimo e admirável Professor José Maria Filardo Bassalo é um enfático indicador de que o empreendimento foi muito feliz também neste sentido.

Após as considerações preliminares acima, passemos aos comentários mais específicos sobre o livro em tela.

II. Comentários

O capítulo que abre o livro é o do Prof. José Maria Filardo Bassalo do Departamento de Física da Universidade Federal do Pará, aposentado compulsoriamente a partir do dia 10 de setembro de 2005, quando completou 70 anos de idade. Embora a vida seja feita também de circunstâncias, não creio que isso venha a diminuir o ímpeto produtivo de alguém como Bassalo, que ainda tem muito a dizer. O capítulo de abertura intitulado *O Cenário da Física antes de 1900* é uma estupenda peça de reflexão apurada em que se encontra defendida a tese segundo a qual os conceitos basilares da Física Clássica – *energia e referencial* – foram sobremaneira reformulados pelas teorias, respectivamente, *quântica e relativista*.

O capítulo 2 é de autoria do Prof. Roberto Salmeron. Tem o título *Física Nuclear, Raios Cósmicos e as Partículas Elementares* e é um primor de didática e clareza de exposição. Isso é de essencial relevância para um projeto que tem como proposta precípua incentivar vocações e ajudar a preparar melhor os professores do Ensino Médio mediante um Ciclo de Palestras seguido de um texto de divulgação. Por dominar profundamente o tema, o autor é capaz de apresentá-lo de maneira atraente, palatável e perfeitamente compreensível para não-especialistas em física de partículas elementares, como o autor da presente resenha.

O capítulo 3, intitulado *A Descoberta do Elétron* e escrito pelo Prof. Sérgio Joffily, trata da primeira partícula elementar descoberta e ainda hoje considerada como elementar no sentido em que não exibe estrutura interna, ou seja, não pressupõe entidades ainda menores que a constituem. Esse artigo me tocou em especial por razões memoriais. Ao lê-lo, lembrei de uma pergunta intrigante que me acompanhava quando ingressei no bacharelado de Física da Universidade Federal da Bahia em 1967: achava estranho que uma massa tão extraordinariamente pequena como a do elétron, que é de $9,1 \times 10^{-31}$ kg, pudesse ser medida. Foi quando em 1968 o saudoso Prof. Luiz Felipe Perret Serpa, nosso Professor de Física Geral e Experimental, que mais tarde nos anos 90 se tornaria Reitor da UFBA, nos apresentou a um experimento simplicíssimo do PSSC, que era uma variante didática do experimento de J. J. Thomson. Por meio de um dispositivo experimental plenamente acessível e, principalmente, com a mente armada com conhecimentos de mecânica, eletromagnetismo e alguns pressupostos absolutamente razoáveis, a razão entre a carga e a massa do elétron (e/m) pode ser explicitada. Se essa razão (e/m) é conhecida, então a combinação desse resultado com o obtido a partir do célebre experimento de Millikan (o qual infelizmente não fizemos

durante o curso) nos permite explicitar o valor da massa do elétron. A conclusão central do experimento de Millikan é que as cargas daquelas minúsculas gotículas são, todas elas, múltiplas de uma carga alíquota, unidade mínima de carga que se pressupõe ser a carga do elétron. Aproveitando a riqueza cognitiva propiciada por esse experimento, tive oportunidade, por ocasião de um trabalho^[2] em colaboração com a então estudante de iniciação científica Maria Ivoneide Barbosa Freire da Universidade Federal de Alagoas, de explorar algumas conseqüências epistemológicas suscitadas por esse privilegiado exemplo da descoberta do elétron.

O capítulo 4 escrito pelo Prof. Ronald Cintra Shellard e intitulado *Fótons* constitui uma revisão muito interessante sobre um largo espectro de fenômenos luminosos. A Luz, sem dúvida, é uma complexa entidade; para a ótica geométrica se propaga em linha reta; no contexto do eletromagnetismo de Maxwell é um campo constituído por ondas que se propagam no vácuo com a velocidade $(\epsilon_0\mu_0)^{-1/2}$, em que ϵ_0 denota a permissividade elétrica no vácuo e μ_0 denota a susceptibilidade magnética correspondente; como quaisquer ondas, as eletromagnéticas interferem e difratam segundo padrões característicos. No contexto da realidade microscópica, no entanto, tais quadros referenciais teóricos não foram suficientes para dar conta dos fenômenos: a explicação do efeito fotoelétrico requer a luminosa idéia do fóton, entidade essa cuja energia depende da freqüência da luz correspondente, o que evidencia um estranho descompasso com as teorias progressas da física clássica. Introduce-se aí, pelas mãos de Einstein e pela primeira vez na história da física, uma formulação embrionária da dualidade onda-partícula que se revelou, em desdobramentos posteriores, como um conceito enormemente complexo e desafiador.

O Prof. Shellard ressalta o problema que funda a teoria quântica: o relativo à radiação eletromagnética em equilíbrio térmico com os osciladores das paredes que a contém. Planck constatara que a única possibilidade de superar a divergência constituída pela chamada catástrofe do ultravioleta era supor que as trocas de energia entre os osciladores e a radiação ocorressem em quantidades discretas, ao invés de contínuas. Outro fenômeno bastante intrigante é o do espalhamento do fóton de raio-x com o elétron (efeito Compton), no qual o fóton é uma entidade quântica que obedece às relações de de Broglie e de Planck e o elétron é considerado uma entidade clássica (não quântica), porém relativista (obedecendo as leis da teoria da relatividade restrita).

O capítulo 5, escrito pelo Prof. Hélio Motta e intitulado *O Próton*, trata dessa partícula constituinte dos núcleos dos átomos que embora, como diz o próprio autor, tenha perdido o estatuto de elementaridade, mantém-se extraordinariamente estável, jamais decaindo ou desaparecendo (p. 129). Ressalta que um eventual decaimento do próton nunca foi observado e que este ponto constitui um dos cruciais nas pesquisas de física de partículas. “O próton foi descoberto em 1919 por Rutherford em um experimento clássico em que se observou a transmutação de átomos de nitrogênio em átomos de oxigênio” (p. 130). No experimento de Rutherford, núcleos de

nitrogênio são bombardeados por partículas α . Ressalta ainda o autor que a técnica de Rutherford foi utilizada em física de partículas e que a partir essencialmente dela é que se concluiu que os prótons são formados por quarks. Hoje em dia os prótons são usados como projéteis em experimentos de altas energias.

O capítulo 6, escrito pelo Prof. Francisco Caruso e intitulado *O Milho e a Pérola: A Descoberta do Pósitron e a Moral da Fábula*, é dedicado a uma série de aspectos, entre os quais a previsão da anti-partícula do elétron pela teoria quântica e relativista de Dirac e a sua ulterior detecção experimental por Anderson. Tece também alguns comentários epistemológicos suscitados por esse espetacular episódio da história da física.

A teoria de Dirac constitui-se, como sabemos, em um dos episódios em que a teoria quântica e a teoria da relatividade restrita de Einstein são combinadas. É verdade que, tanto na generalização de Sommerfeld da teoria atômica da velha mecânica quântica de Bohr quanto no Efeito Compton, houve uma aproximação entre essas revolucionárias teorias, mas, em relação à Nova Mecânica Quântica de 1927, o trabalho de Dirac e os relacionados com a equação de Klein-Gordon foram, muito provavelmente, os pioneiros. Dirac constatara que a equação de Schrödinger, válida no domínio quântico não-relativista, apresenta uma assimetria entre as coordenadas espaciais e a coordenada temporal, o que é incompatível com o princípio da relatividade. A incompatibilidade residia no fato de que, em decorrência do princípio da relatividade, espaço e tempo deveriam ser tratados, ambos, em pé de igualdade. Na equação de Schrödinger as derivadas em relação às variáveis espaciais são de segunda ordem enquanto a derivada em relação ao tempo é de primeira ordem. Por outro lado, a equação de Klein-Gordon, embora apresentando derivadas, respectivamente espaciais e a temporal, em segunda ordem, suscitava um problema grave: pelos requisitos de causalidade, a dependência temporal deveria ser em primeira ordem em relação ao tempo e não em segunda ordem.

Tendo em vista esses fatos, Dirac foi capaz de propor uma teoria que incorporava ambos, o princípio da relatividade (espaço e tempo tratados em pé de igualdade) e o princípio da causalidade (a dependência em relação ao tempo deve aparecer em uma derivada de primeira ordem). Dirac chegou a soluções envolvendo energias tanto positivas quanto negativas. Mas como interpretar energias negativas associadas a uma partícula livre? Se fossem estados ligados, tudo bem, mas no caso de partículas livres por que essas exibiriam energias negativas? Dirac então teve a luminosa idéia de propor um “mar” de elétrons de energia negativa. Em relação a esse ponto, o autor do capítulo então escreve:

No entanto, um desses elétrons do vácuo poderia ser excitado, indo para um estado de energia positiva, deixando no vácuo (“mar” de elétrons de energia negativa) o que Dirac chamou de buraco. Cada

buraco é interpretado, de forma genial, como uma partícula de carga positiva e energia positiva. Este é o chamado processo de criação de pares de partículas e anti-partículas, que foi observado mais tarde. Por simetria, Dirac achou que este buraco deveria ter a mesma massa do elétron, embora com carga elétrica positiva (p. 140).

É interessante ressaltar que a sugestão de atribuir ao buraco a mesma massa do elétron foi, segundo o testemunho do próprio Dirac, dada por um matemático. Aliás, as *razões de simetria* para os físicos em geral, mas muito singularmente para os físicos de partículas, desempenham um papel centralíssimo. Nisso tem residido a enorme fertilidade do Programa Geométrico na Física. Trata-se da mudança epistemológica da *substância* em direção à *geometria*, à *forma* e à *simetria* de claros antecedentes nos programas, respectivamente, pitagórico e platônico. O texto de Dirac disposto na página 139 é especialmente ilustrativo quanto a esses aspectos e, em especial, quando ele se refere a uma nova e revolucionária concepção de vácuo:

Se não podemos excluir [os estados de energia negativa], devemos encontrar um método de interpretação física para eles. Pode-se chegar a uma interpretação razoável adotando uma nova concepção de vácuo. Anteriormente as pessoas pensavam no vácuo como uma região do espaço que é completamente vazia, uma região do espaço que não contém absolutamente nada. Agora devemos adotar uma nova visão. Podemos dizer que o vácuo é a região do espaço onde temos a menor energia possível (p. 139).

Sem dúvida alguma, a contribuição de Dirac constituiu um novo e revolucionário passo adiante para o complexo conceito de vácuo. Mas, se pensarmos bem, já no contexto clássico do eletromagnetismo, as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a velocidade da luz, que neste quadro teórico significa uma região do espaço na qual tanto as densidades de cargas quanto as densidades de correntes são nulas. Isto é, não existe, nessa região, matéria no sentido da *substância material* da química, mas isso também não significa que nessa região esteja o *nada*: efetivamente existem campos elétricos e magnéticos, ambos compondo uma realidade concreta. Evidentemente, no sentido clássico ainda permanece uma dicotomia matéria/luz. A partir de Dirac, essa dicotomia não existe mais, pois as aniquilações de pares de partícula e anti-partículas dão margem a inúmeras possibilidades. Tanto podem dar vazão a fótons gama quanto fótons gamas podem ensejar a criação de pares de partículas e anti-partículas quando passam nas vizinhanças de núcleos atômicos.

O capítulo 7, escrito pelo Prof. Jorge Luiz Vivas Barreto e intitulado *A Descoberta do Nêutron: Uma Saga Científica*, foi resultante da palestra correspondente cuja síntese foi extraída “de vários livros e artigos de divulgação que o leitor interessado encontrará na seção bibliográfica desse artigo” (p. 159). Na página 157, encontra-se a informação, pouco divulgada, de que Chadwick, por ocasião de sua estada berlinense, foi surpreendido pela eclosão da Primeira Grande Guerra Mundial, ficando internado em um campo de prisioneiros de guerra durante toda a duração do conflito (1914-1918), somente retornando à Inglaterra em 1919.

O capítulo 8, escrito pelo Prof. Gilvan A. Alves e intitulado *O Múon: Passado, Presente e Futuro*, começa ressaltando que a história de sua descoberta foi coberta de controvérsias, não obstante o fato de que tem se apresentado como peça fundamental para a descoberta e a compreensão dos fenômenos de Altas Energias. Trata-se de um dos poucos capítulos que sugere o caráter provisório do assim chamado *Modelo Padrão*. Escreve o autor que: “Por um lado, ainda falta observar-se o chamado bóson de Higgs, que seria o resultado do acoplamento do campo de Higgs com a matéria resultando na geração de massa para todas as partículas” (p. 167). O Prof. Gilvan Alves ainda enfatiza que, mesmo com o bóson de Higgs, o *Modelo Padrão* se depara com sérias limitações e que o mecanismo de Higgs foi introduzido de forma totalmente artificial para superar o aparecimento de singularidades na teoria. Conclui daí que “tudo isso nos leva a crer que deva existir uma teoria mais completa, que venha a substituir o modelo padrão a um certo ponto” (p. 167) e que um dos candidatos é o modelo de supersimetria. Ainda assim, argumenta ele, que para qualquer que seja o cenário, o múon desempenhará um papel fundamental.

O capítulo 9, escrito pelo Prof. Alfredo Marques e intitulado *O Píon*, nos toca de perto como brasileiros pela participação de vanguarda de nosso saudoso César Lattes (1924-2005), tanto nos experimentos envolvendo emulsões quanto nos conduzidos na Califórnia, em 1948, no então recém-construído sincrocíclotron de 180 MeV da Universidade de Berkeley. Não é irrelevante o fato de que Lattes seja o único, dentre todos os demais descobridores do méson π , a participar de ambos os tipos de experimentos: tanto no que diz respeito àqueles experimentos envolvendo emulsões, cuja colaboração se deu com Occhialini e com Powell, quanto em relação aos experimentos realizados no sincrocíclotron, nos quais a colaboração foi feita com Gardner. Nesse segundo tipo de experimentos, Lattes e Gardner obtiveram o méson π ao bombardearem núcleos de Carbono utilizando partículas α . Nesses experimentos de Berkeley, foram detectadas as versões π^+ e π^- e em um segundo momento a versão neutra π^0 .

Ao longo de sua exposição, o Prof. Alfredo Marques toca em variados pontos interessantes entre os quais escreve o seguinte sobre os espetaculares fenômenos de aniquilação e criação:

Observaram-se então os fenômenos de aniquilação da matéria, em que a radiação eletromagnética substitui elétrons e pósitrons em colisão, e o fenômeno inverso, a materialização da radiação em que um par elétron-pósitron é criado pela radiação eletromagnética na passagem pela vizinhança de um núcleo atômico. Evidentemente tal conversão não poderia ser completa, caso Matéria e Luz fossem desiguais do ponto de vista da continuidade e da atômidade (p. 172-173).

O texto acima é particularmente rico, razão pela qual a frase final, que me pareceu a mais bela e significativa, foi evidenciada em caracteres, além de itálicos, também em negrito. Vários elementos relevantes se encontram subjacentes aí. Em primeiro lugar, porque quando o Prof. Alfredo Marques questiona que se a Luz e a Matéria fossem de naturezas radicalmente diferentes, então qualquer uma delas não poderia ser conversível na outra. Isso evidencia uma identidade qualitativa profunda entre ambas. Em segundo lugar, porque os programas científicos do *contínuo* e do *discreto* se aproximam dialeticamente; em terceiro, pelo fato dessas conversões, estranhas à física clássica, revelarem que nesse nível de realidade a *relação*, a *simetria* e a *forma*, de lavras pitagórica, platônica e galileana, substituem o mero substancialismo ingênuo e, em quarto lugar, pelo fato do *processo* implicado pelo *devenir* (*vir-a ser*) de lavra heraclitiana se harmonizar com o *ser* de lavra parmenidiana, que constitui a própria realidade ontológica das conversões que implicam aniquilações e criações. Nada disso significa, como muitas vezes afoitamente foi propagado, qualquer “dissolução da realidade”. Significa, isso sim, é que a realidade é muito mais complexa e bem mais interessante do que pensavam os físicos do século XIX.

O capítulo 10, de autoria dos Prof. Marcelo M. Guzzo e Adriano A. Natale e intitulado *Introduzindo os Neutrinos*, é outro que exhibe clareza e fascínio, duas excelentes qualidades para uma divulgação bem sucedida. Os autores começam com a informação acerca da enorme abundância de neutrinos no Universo, contam a história de Pauli, que teve a idéia de propor uma partícula tendo em vista o requisito da lei da conservação da energia; outrossim, descrevem a famosa teoria do decaimento β de Enrico Fermi e comentam com bastante propriedade as eventuais conseqüências cosmológicas da polêmica em torno da massa do neutrino. Tem o neutrino massa nula ou não? A resposta é, segundo os autores do capítulo, uma das questões mais fundamentais da física atual.

O capítulo 11, escrito pelo Prof. Roberto Salmeron e intitulado *Quark: Como Chegamos a Eles?*, tem a mesma marca de clareza que o capítulo 2, também por ele escrito e por nós já comentado. Na seção 11.3, intitulada *Léptons e Antiléptons*, o Prof. Salmeron escreve o seguinte sobre as massas do neutrino:

Até recentemente pensava-se que a massa dos neutrinos era nula. Há quatro anos foi descoberto experimentalmente que os neutrinos têm massa; a do neutrino do elétron (ν_e) e a do neutrino do múon (ν_μ) são muito pequenas, de alguns elétron-volts, para a do neutrino do tau (ν_τ) não temos dados precisos, ela pode ser maior (p. 211).

Interessante notar, a título de curiosidade, que a posição aqui assumida é menos conjectural que a posição do capítulo anterior (Guzzo & Natale), que explora a polêmica acerca da existência da massa do neutrino, se nula ou não.

O Prof. Salmeron argumenta que os quarks possibilitam “uma classificação das partículas extremamente simples e coerente” (p.220) e na seção 11.15 ele tece comentários sobre um episódio bastante interessante acerca da realidade ontológica ou não dos quarks. Salmeron nos conta que Gell-Mann, em uma entrevista de televisão há, talvez, algumas décadas, houvera se manifestado assim: “há físicos procurando os quarks; está havendo um horrível mal-entendido, eu nunca disse que quarks existem”. Gell-Mann, desse modo, duvidava seriamente dos quarks como entidades ontológicas. Salmeron, no entanto, acrescenta: “As evidências experimentais da existência dos quarks se acumularam em torno de 1978, e finalmente Gell-Mann passou a acreditar que quarks existem.”

O capítulo 12, escrito pela Profa. Márcia Begalli, foi intitulado *A Descoberta do J/Ψ e do Charm*. A autora começa o seu capítulo ressaltando que a descoberta da partícula J/Ψ em 1974 “revolucionou os conceitos e a forma de se desenvolver a pesquisa em Física de Partículas Elementares”. Argumenta que a explicação da distribuição de massa observada nos experimentos Mark I e de Samuel Ting requeria que se assumisse a existência de um novo quark, doravante chamado de quark charm. Desse modo, ela afirma que a descoberta do J/Ψ , formado por um par {quark charm/antiquark do charm}, desempenhou um papel da mais alta importância em Física de Partículas Elementares.

O capítulo 13, escrito pelo Prof. Vitor Oguri e intitulado *Os Bósons Intermediários W e Z*, trata da descoberta das partículas W^+ , W^- e Z^0 , mediadoras das interações fracas e que foram produzidas pela primeira vez através de colisões hadrônicas envolvendo feixes de prótons e anti-prótons. Carlo Rubbia e van der Meer foram capazes de detectá-las no CERN no ano de 1983.

O capítulo 14, escrito pelo Prof. Dan Green e intitulado *A Descoberta do Quark b*, constitui uma revisão sobre o que se convencionou chamar, no seio da comunidade de Física de Partículas, de “Revolução de Outubro”. Essa constituiu-se das descobertas, quase simultâneas, do *charm c* e do *lépton τ* e foram de grande valia pelo que proporcionaram em termos de consequências teóricas e experimentais.

O capítulo 15, escrito pelo Prof. Alberto Santoro e intitulado *O Quark Top*, começa relacionando o caráter fundamental das partículas com o problema cosmológico

da origem do universo. Refere-se também a uma polêmica entre partidários de dois pontos de vista distintos e antitéticos aos quais ele chama respectivamente de *unicistas* e *pluralistas*, no sentido da resposta à questão: “Houve apenas um ou vários *big bangs*?” Ele enfatiza que por volta de 1935 os físicos diziam que *tudo é feito de prótons, elétrons, nêutrons e vácuo*, mas que agora com a concepção do Modelo Padrão dizem que *tudo é feito de quarks, léptons e vácuo*. É mister ressaltar que a aventura do *quark top* foi de grande monta e que dela participaram físicos brasileiros. Em tais experimentos, a massa do quark top foi avaliada em $175 \text{ GeV}/c^2$.

O capítulo 16, escrito pelo Prof. Alberto Santoro, é o último do livro e foi intitulado *Perspectivas para a Computação Científica para o Início deste Milênio*. Nele o Prof. Santoro exorta os Professores do Ensino Médio a excitarem as mentes de seus estudantes sobre as perspectivas computacionais para este início de milênio e da necessidade de manter colaborações internacionais mediante grandes projetos nos quais a participação brasileira seja relevante.

III. Considerações Finais

O esforço acumulado de alguns ciclos de Palestras envolvendo professores pesquisadores atuando no campo da Física das Partículas Elementares e seu envolvimento com professores de Ensino Médio é de alta relevância. Isso vale, ainda com maior razão, quando esse esforço é coroado com textos de vários autores, como é o caso. É perfeitamente natural que textos escritos a tantas e variadas mãos apresentem alguma heterogeneidade, principalmente quanto à clareza de exposição. De fato, uns são mais claros do que outros, pelo menos essa é a opinião do autor do presente comentário. No entanto, os organizadores do livro foram suficientemente cuidadosos para, mediante notas de rodapé, facilitarem a leitura. Desse modo, os eventuais leitores podem encontrar nessas notas as devidas remissões de um capítulo a outro, o que mostra o empenho em apresentar ao leitor um todo articulado.

Os professores de Ensino Médio, mas não apenas eles como quaisquer outros professores, e mesmo leitores de perfis diversificados, podem perfeitamente se beneficiar do grande leque de informações e desafios que uma pesquisa do gênero incita nos espíritos de seus eventuais leitores.

Referências

[1] BASTOS FILHO, J. B. Resenha do livro *Do Átomo Grego à Física das Interações Fundamentais*, editado por F. Caruso e A. Santoro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, p. 277-281, jun. 1997.

[2] NOVAES, W. MMA/PNUD (Ministério do Meio Ambiente/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), Agenda 21 Brasileira/Bases para a Discussão. Organização de Washington Novaes, Brasília, 2000.

[3] BARBOSA FREIRE, M. I.; BASTOS FILHO, J. B. É possível pensar sem teoria? O que veria um suposto tabula rasa teórico? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 79-94, ago. 1995.

Jenner Barretto Bastos Filho

Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas
Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFAL) do
Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente
Universidade Federal de Alagoas