

FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES NO ENSINO MÉDIO: AS PERSPECTIVAS DOS PROFESSORES EM RELAÇÃO AO ENSINO DO MODELO PADRÃO

ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS IN HIGH SCHOOL: THE PERSPECTIVES OF THE PROFESSORS TO TEACH THE STANDARD MODEL

Cláudia de Oliveira Lozada¹

Mauro Sérgio Teixeira de Araújo²

¹ Universidade Cruzeiro do Sul, clalloz@yahoo.com.br

² Universidade Cruzeiro do Sul, mstaraujo@uol.com.br

RESUMO

O presente trabalho é parte de uma pesquisa de Mestrado em andamento cujo objetivo é a introdução do conteúdo de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio.

Apresentamos o resultado de uma pesquisa qualitativa com professores de Física do Ensino Médio durante a 16^a Oficina de Física “César Lattes” – Partículas Elementares, promovida pelo Instituto de Física Gleb Wataghin da UNICAMP no mês de junho de 2006. A pesquisa procurou levantar as perspectivas dos professores acerca do ensino do Modelo Padrão no Ensino Médio e, por conseguinte, propor por meio deste trabalho alternativas para a implementação do conteúdo de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio. Os resultados evidenciam não somente a predisposição dos professores em ensinar Física de Partículas no Ensino Médio, bem como a preocupação em aliar o ensino de Física de Partículas com suas aplicações, buscando um ensino contextualizado que permita uma melhor compreensão por parte dos alunos.

Palavras-chave: Ciências, Ensino de Física, Partículas Elementares, Modelo Padrão, Formação de professores

ABSTRACT

The present work is part of a research at Postgrad whose objective is the introduction of the Physical Elementary Particle content in High School. The result of a qualitative research with teachers of Physics of High School is presented during 16^a Workshop of Physics “Cesar Lattes” - Elementary Particles, promoted for the Institute of Physics Gleb Wataghin of the UNICAMP in the month of June of 2006.

The research looked for to raise the perspectives of the teachers concerning the education of the model standard in High School e, therefore, to consider by means of this work alternative for the implementation of the Elementary Particle Physics content in High School. The results evidence the predisposition of the professors in teaching to Particle Physics in High School and the concern in uniting the education of Particle Physics with its applications allowing one better understanding for the students.

Key words: Science, Physics Teaching, Elementary Particle, Standard Model, Teachers Education

Introdução

“Afinal, quais são as partículas elementares da Natureza? Quais são os tijolos fundamentais do Universo?” (ROSENFELD, 2003, p. 95)

A viagem pela estrutura da matéria revela a história do Universo, aguça as mentes sobre quem realmente somos, de onde viemos e para onde vamos. Esta aventura pelo mundo microscópico da estrutura da matéria não precisa ser privilégio apenas dos cientistas que detém o saber sábio, mas pode chegar ao conhecimento de todos, e a escola pode desencadear este processo de socialização do conhecimento sobre Física de Partículas Elementares.

Utilizar-se da criatividade para efetuar a transposição didática deste conteúdo para o Ensino Médio é um desafio para o professor, sobretudo na área de Física Moderna e Contemporânea, que muitas vezes não consta como disciplina presente no currículo da graduação (MARTIN e BATISTA, 2004).

Assim, nos últimos anos a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio tem originado várias dissertações de Mestrado e de Doutorado na área de Educação e de Ensino de Física (TERRAZAN, 1994; ALVETTI, 1999; OSTERMANN, 2000; REZENDE JR, 2001; CANATO JR, 2003; BASSO, 2004; BROCKINGTON, 2005; KARAM, 2005; SIQUEIRA, 2006) que discutem a importância e a viabilidade do tema, bem como os obstáculos para sua concretização em termos curriculares. Além do mais, os documentos oficiais que contêm os princípios norteadores da educação nacional contemplam um ensino contextualizado, próximo da realidade cotidiana dos alunos, propiciando uma maior aproximação entre a Física que se ensina e a tecnologia.

O ensino de Física de Partículas esbarra em obstáculos e a pesquisa realizada com professores de Física durante a 16ª Oficina de Física de Partículas Elementares promovida no mês de junho pelo Instituto de Física Gleb Wataghin, apontou obstáculos epistemológicos e didáticos para o ensino do Modelo Padrão no Ensino Médio.

Assim, neste trabalho fazemos uma breve análise da primeira etapa da pesquisa de Mestrado cujo objetivo foi levantar os referenciais teóricos de cunho pedagógico presentes em documentos oficiais e trabalhos de Física de Partículas, destinados especificamente ao Ensino Médio e levantar dados junto aos professores sobre suas perspectivas em relação ao ensino de Física de Partículas, propondo-se sugestões de recursos didáticos e reflexões sobre o ensino do Modelo Padrão no Ensino Médio.

1. Trabalhos pioneiros em Física de Partículas Elementares no Ensino Médio e subsídios para o ensino deste conteúdo

Os primeiros trabalhos sobre Física de Partículas voltados para o Ensino Médio foram escritos por Ostermann (1999) e Ostermann e Cavalcanti (2001). O primeiro, intitulado “Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares” traz uma abordagem histórica, desde Leucipo até o Modelo Padrão atual destacando as leis de conservação, as interações fundamentais, a classificação das partículas e a detecção experimental de algumas partículas, passando até mesmo pela cromodinâmica quântica e os diagramas de Feynman. Ostermann destaca a relevância do tema (1999, p. 434):

“Uma grande potencialidade deste tema é a oportunidade que este oferece para a compreensão do processo de produção do conhecimento científico. Os vários episódios históricos envolvendo o avanço desta área de pesquisa mostram o quanto físicos teóricos e experimentais uniram esforços na busca de uma compreensão maior da natureza da matéria. Foram necessários grandes investimentos tecnológicos para que se chegasse ao modelo padrão atual. O caráter construtivo, inventivo e não definitivo do conhecimento também pode ser ilustrado, a partir de uma leitura histórica dessa fascinante área da Física.”

O outro texto, publicado na Revista Física na Escola, intitulado “Um pôster para ensinar Física de Partículas” traz um pôster, com quatro tabelas que abordam desde as interações fundamentais até a classificação das partículas com orientações aos professores a respeito da utilização do pôster para ensinar Física de Partículas.

Outro material a ser mencionado e que pode contribuir para o Ensino de Física de Partículas Elementares é o PEC (Projeto Escola e Cidadania), Módulo de Física de autoria de Pinto, Silva e Leite (2002). O PEC abrange um material didático destinado aos alunos do Ensino Médio com enfoque interdisciplinar constituindo-se, no caso da Física, de diversos módulos que tratam de conteúdos diversificados. Cita-se como sugestão para o ensino de Física de Partículas os módulos “A matéria prima da matéria”, “O nascimento da física quântica” e “Física Nuclear: da alquimia à bomba atômica”.

Em 2002, Robert Gilmore lançou o livro “O mágico dos quarks: física de partículas ao alcance de todos.” O autor utiliza os personagens de “O mágico de Oz” para explicar de maneira divertida conceitos de Física de Partículas.

Recentemente foi lançado o livro “O discreto charme das partículas elementares” (2006), de autoria de Maria Cristina Batoni Abdalla, que através da transposição didática traz de uma forma lúdica e por meio de uma construção histórico-cronológica o conteúdo de Física de Partículas, estabelecendo inclusive a relação com a origem do Universo. O modo criativo com que as partículas são apresentadas torna a leitura uma aventura agradável e uma proximidade maior com o saber sábio. As partículas são representadas por criaturas cujas formas físicas apresentam as características mais específicas das partículas, as quais ganham assim personalidade, como coloca Nedel (2006, p. 291): “Partículas leves como léptons possuem asas; já o próton, que não é elementar, é representado por um monstinho todo costurado dando a entender que é formado por outras partículas.”

As figuras¹ 1 a 5 abaixo apresentam algumas partículas representadas por criaturas com características específicas, extraídas do livro da Profa. Maria Cristina B. Abdalla (2006):



Fig.1: Próton



Fig 2: O interior do próton: quarks

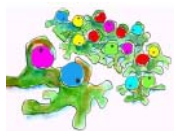


Fig. 3: Os glúons



Fig.4 : O elétron

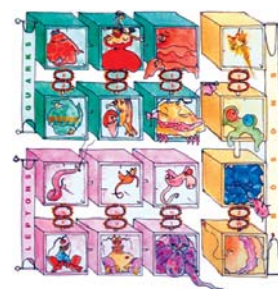


Fig. 5: Quarks, léptons e bósons

Outro aspecto a se salientar neste livro é o modo contextualizado relacionando a Ciência com a Tecnologia. Dessa maneira, a autora fornece uma opção para o ensino de Física de Partículas Elementares, possibilitando inclusive transpor o obstáculo epistemológico de se

¹ As ilustrações do livro “ O discreto charme das partículas elementares” são de autoria de Sérgio Kon.

ensinar o Modelo Padrão no Ensino Médio, preocupação esta apontada pelos professores na pesquisa qualitativa exposta neste trabalho.

Outros subsídios que podem ser apontados para o ensino de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio estão relacionados com as novas tecnologias de informação e comunicação, os ambientes virtuais de ensino- aprendizagem. Dentre eles, citamos o link destinado à educação da página do CERN [1], no qual estão disponíveis jogos e mídias interativas sobre Física de Partículas. Os alunos terão a oportunidade de acelerar uma partícula, compreender como o LHC funcionará, bem como construir os diagramas de Feynman. No site do Fermilab [2], há uma página chamada Fermilab Physical Science Data com atividades que poderão ser aplicadas em sala de aula, com destaque para o cálculo da massa do quark top com dados reais. No site do GOPEF/PUC-SP [3], pode se fazer o download de um software que simula o experimento de Thomson.

Na versão em inglês do site Aventura das Partículas [4], há textos destinados ao ensino de Física de Partículas com questões propostas para se discutir com os alunos, uma oportunidade para se trabalhar leitura e interpretação de textos.

2. Física de Partículas Elementares no Ensino Médio: a questão da transposição didática e da formação de professores

Apresentar o conteúdo de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio constitui, sem dúvida, um desafio, uma vez que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea não foram inseridos efetivamente nos currículos e o número de aulas semanais de Física na maior parte das escolas ainda é muito reduzido, sendo que em alguns casos há escolas com apenas uma aula semanal de Física, o que em muito interfere na realização de um trabalho significativo. De outra parte, há a questão da formação dos professores, defasada em relação à Física Moderna, bem como o fato de muitos docentes que estão lecionando Física no Ensino Médio não serem graduados na área.

No entanto, ao longo dos anos, percebemos uma pequena mudança nos livros didáticos de Física do Ensino Médio, que passaram a inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea, embora em muitos casos abordados de forma superficial. Constatamos, inclusive, que livros de Ciências da 8ª série do Ensino Fundamental (BARROS e PAULINO, 2001; SILVA JR, SASSON e SANCHES, 2001) citam os quarks, bem como livros de Química do Ensino Médio (FELTRE, 2000) já trazem o Modelo Padrão.

Embora as mudanças tenham sido graduais e tenham possibilitado contribuições para o Ensino de Física de Partículas no Ensino Médio, diante da escassez de recursos didáticos que ainda vigora para a abordagem do tema de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio merece destaque esforços relevantes que têm sido feitos no sentido de viabilizar o ensino, a saber: utilização de animações para o Ensino de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio (SIQUEIRA, SANTOS NETO e PIETROCOLA, 2005) e o projeto do Prof. Dr Sérgio Ferraz Novaes (2006), do Instituto de Física Teórica (IFT/UNESP) aprovado pelo CNPQ para a inserção de tabelas sobre a estrutura da matéria em todas as escolas de Ensino Médio.

Além do mais, dada a sua complexidade, a aprendizagem significativa do conteúdo de Física de Partículas Elementares necessita de elementos de transposição didática (CHEVALLARD, 1998) que auxiliem na assimilação deste conteúdo pelos alunos. A esse respeito, Moreira (2004,p. 1) assevera: “Com habilidade didática, talvez se possa transmitir aos alunos a idéia de um assunto excitante, colorido, estranho e charmoso, ao invés de difícil e enfadonho.”

Por sua vez, Siqueira e Pietrocola (2006,p.8) e defendem que a transposição didática do conteúdo Física de Partículas Elementares no Ensino Médio contribui para a atualização e modernização do saber escolar:“(…) a Física de Partículas Elementares traz uma atualização do

saber que já se encontra em sala de aula, através de uma nova visão da natureza, feita pelo modelo padrão atual.”

Siqueira, Pietrocola e Ueta (2007) destacam ainda que a transposição didática sobre o conteúdo de Partículas Elementares pode ser efetuada, por exemplo, por meio de demonstrações do funcionamento de aparelhos de raios – X, uma vez que os exercícios exigem cálculos avançados que os alunos do Ensino Médio não dominam. Na maioria das vezes a transposição didática dos modelos matemáticos que envolvem funções de onda, abordados em Física de Partículas não é possível devido à complexidade do tema para a faixa etária dos alunos do Ensino Médio (LOZADA ET AL, 2006; LOZADA, 2007), sendo que a alternativa para este caso é trabalhar os aspectos conceituais deste conteúdo. A esse respeito Abdalla (2005, p.38) coloca:

“O critério que define elementar até que não é difícil - é até bastante intuitivo: toda partícula que pode ser quebrada não é elementar, e toda aquela que tem um único constituinte é considerada elementar. No entanto, do ponto de vista experimental e teórico, o conceito não é tão simples assim (...) do ponto de vista teórico, o conceito que define uma partícula elementar é, antes de tudo, de natureza abstrata e matemática. Todas as partículas elementares são descritas por objetos matemáticos denominados funções de onda, a partir das quais são extraídas informações sobre a dinâmica de tais partículas. A função de onda que descreve uma partícula elementar não pode ser redutível à função de onda de outras partículas. Essa linguagem é ditada pela mecânica quântica e, para nossos propósitos, parece um bocado complicada.”

Lozada e Araújo (2007, p. 5) defendem que o tema de Física de Partículas relaciona-se com outros temas que podem contribuir para desencadear o interesse dos alunos pela Ciência:

“Aliás, os temas Nanociência e Nanotecnologia podem constituir-se em temas geradores e conectores (Delizoicov, 1992) de outros temas de Física que estão relacionados, consagrando o caráter intradisciplinar, tais como modelos atômicos e Física de Partículas Elementares.”(grifo nosso)

No tocante à formação de professores, ressaltamos que o CERN promove nos meses de junho e julho cursos para professores das escolas secundárias na área de Física de Partículas. Outro curso de formação de professores do Ensino Médio que merece destaque é o Quarknet, desenvolvido pela National Science Foundation e o US Department of Energy, no qual os professores trabalham com experimentos em Física de Partículas, visando introduzir vários conceitos em sala de aula. Outra iniciativa, desta vez brasileira, é a Oficina de Física de Partículas Elementares realizada anualmente pelo Instituto de Física Gleb Wataghin, da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), cujo objetivo é possibilitar aos professores e ao público em geral o conhecimento desta área da Física. A realização destes cursos evidencia a importância deste tema e que o mesmo deve ser ensinado nas escolas secundárias

Em relação à legislação educacional, atualmente os principais documentos oficiais fazem menção ao estudo da estrutura da matéria, como podemos averiguar nos PCN (1999,p. 234):

“A natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais, assim como os modelos de absorção e emissão de energia pelos átomos, são alguns exemplos que também abrem espaço para uma abordagem quântica da estrutura da matéria, em que possam ser modelados os semicondutores e outros dispositivos eletrônicos e contemporâneos.”

E prosseguem:(...) “A possibilidade de um efetivo aprendizado de Cosmologia depende do desenvolvimento da teoria da gravitação, assim como de noções sobre a constituição elementar da matéria e energética estelar”.

Os PCN Mais (2001,p. 19) prevêm os conteúdos estruturantes que agregam tópicos de Física por áreas, sendo que a estrutura da matéria localiza-se no conteúdo Matéria e Radiação:

“(...) A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os

modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. (...) o estudo da matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico.”

Atualmente, o Estado de São Paulo não conta com uma proposta curricular que contemple o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Tem-se atualmente no Estado de SP o Programa de Capacitação Docente “Ensino Médio em Rede” (2004) que enfoca no Ensino de Física os temas estruturantes, sugerindo uma abordagem interdisciplinar. No entanto, o Estado do Paraná, por meio de suas Orientações Curriculares para o Ensino de Física, incluem a Física Moderna e Contemporânea como conteúdo a ser desenvolvido no Ensino Médio e adota a proposta dos temas estruturantes, previstos pelos PCN Mais, com destaque para o tópico de Física de Partículas. Por outro lado, outros países dão ênfase aos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, principalmente Física de Partículas, como demonstram Lobato e Greca (2005, p.128).

3. A pesquisa qualitativa e os resultados obtidos

No mês de junho de 2006 realizou-se a 16ª Oficina de Partículas Elementares no Instituto de Física Gleb Wataghin. Durante a Oficina, efetuamos uma pesquisa qualitativa cuja metodologia baseou-se em um levantamento (FIORENTINI e LORENZATO, 2006,p. 106-107), com o objetivo de apurar alguns aspectos relativos à formação dos professores de Física e a sua prática docente (as metodologias, os conteúdos e trabalhos que desenvolvem com os alunos, bem como as dificuldades que os alunos apresentam no processo de aprendizagem em Física). A opção em recolher os dados nesta Oficina justifica-se pelo fato da mesma tratar especificamente de Física de Partículas. A pesquisa foi efetuada através de um questionário que abordara o tema de Física de Partículas Elementares, como adiante se vê:

PESQUISA DOCENTE – QUESTIONÁRIO

1- O que o levou a participar desta oficina?

()atualização dos conhecimentos ()relevância do tema ()outros: _____

2 - Seus alunos costumam confundir os conceitos de átomo, molécula e partícula? sim () não ()

3- Você percebe alguma diferença substancial entre o modelo atômico químico e o modelo atômico físico?

() sim () não

4- Você já abordou esse tema, mesmo que de forma superficial em suas aulas, citando o modelo atômico quarks/léptons para seus alunos? () sim () não

4.1- Se não, quais seriam os principais motivos:

() dificuldades de compreensão por parte dos alunos

() este modelo atômico é pouco mencionado

() os alunos confundiriam com o modelo atômico químico: prótons, neutros e elétrons

() este modelo exige o conhecimento de outros conceitos e levaria muito tempo para abordar esses conceitos

() outros: _____

5 -Você conhece ou já ouviu falar das aplicações da Física de Partículas? sim () não ()

6 –Você ensinaria Física de Partículas no Ensino Médio? () sim () não

6.1– Se sim, cite o porquê você ensinaria Física de Partículas no Ensino Médio.

7- Você utilizará os conhecimentos desta oficina com seus alunos? () sim () não

8. Você voltaria outras vezes para participar de outras oficinas que tratassem de Física Nuclear e Mecânica Quântica? () sim () não

Dos 70 inscritos, 40 eram professores, dos quais 23 compareceram à Oficina e 19 responderam ao questionário. Pela análise dos resultados apuramos que 89,5% dos professores afirmaram participar da oficina para atualizar seus conhecimentos e 42% afirmaram que participaram da oficina em virtude da relevância do tema. No tocante à confusão entre os conceitos de átomo, molécula e partícula, 47% dos professores afirmaram que seus alunos confundem estes conceitos, 26% afirmaram que seus alunos não confundem tais conceitos e 27% não respondeu a esta questão. Sobre a diferença entre o modelo atômico químico e o modelo atômico físico, 68,4% dos professores afirmaram perceber diferença entre dos dois modelos, 26,3% afirmaram que não percebem diferença e 5,3% não respondeu a esta questão.

Sobre a abordagem do Modelo Padrão no Ensino Médio, 47% dos professores afirmaram que citaram o Modelo Padrão e 53% afirmaram que não efetuaram a abordagem do Modelo Padrão. Dentre os que não abordaram o Modelo Padrão, 20% alegou que os alunos apresentariam dificuldades de compreensão do Modelo Padrão, 40% afirmaram que este modelo é pouco citado, 10% afirmaram que os alunos confundiriam com o modelo químico, 20% afirmaram que este modelo exige o conhecimento de outros conceitos e levaria muito tempo para abordar esses conceitos. Ainda na análise desta questão, 10% dos professores apontaram outros motivos pelos quais não abordariam o Modelo Padrão no Ensino Médio:

- *Não houve oportunidade/contexto.*

- *Tempo de aula é curtíssimo.*

- *É necessário contextualizar, fazer sentido para o aluno, aonde esta abordagem vai estar inserida, etc ...*

Na questão “aplicações de Física de Partículas”, 89,5% afirmaram conhecer ou já ter ouvido falar sobre as aplicações e 10,5% afirmaram que desconhecem as aplicações de Física de Partículas. Sobre ensinar o conteúdo de Física de Partículas no Ensino Médio, 84,2% dos professores afirmaram que ensinariam este conteúdo e 15,8% respondeu que não ensinaria. Entre os que os que ensinariam, destacam-se as seguintes justificativas:

“Dar idéias do avanço tecnológico e conhecimento da Física Moderna.”

“Não há como continuar falando de prótons e nêutrons sem citar os quarks.”

“O conhecimento da estrutura da matéria é importante para a compreensão da evolução das modelagens físicas.”

“Porque é o modelo padrão atualmente aceito.”

“Acho fundamental o ensino de Física Contemporânea em geral no Ensino Médio, inclusive acho uma falha no curso de formação universitária que freqüentei que considerava, na época, que os alunos de Licenciatura não tinham necessidade de cursar as disciplinas Mecânica Quântica e Física Estatística.”

“Para não permanecer debruçado na Física do início do século XIX, enriquecendo o ensino e levando para a sala de aula conhecimentos atuais.”

“A concepção de um novo paradigma, diferente do paradigma newtoniano, essencial para o desenvolvimento do aluno.”

“Ensinar futuramente. Infelizmente, em cursos pré-vestibular não é possível abordar os principais temas da Física Moderna. Atualmente, não tenho tempo de discutir em sala de aula.”

“Para dar uma nova visão da matéria, desvelar um novo mundo.”

“Para melhor compreensão do átomo e suas características.”

“Porque por trás dos modelos atômicos como Thomson, Bohr, Rutherford há uma teoria a ser vista sobre próton, nêutron, elétron e até os anti-elétrons. Seria uma boa base para os primeiros estudos de estrutura da matéria.”

“Atualização dos avanços tecnológicos gerados através das pesquisas nesse setor.”

“Porque os alunos precisam conhecer um pouco (pelo menos) a Física que faz parte do dia-a-dia e ele não faz idéia.”

“Temos que estar nos inserindo no dia-dia, pois os alunos precisam ter pelo menos um conhecimento básico de tecnologia.”

“Fundamental para compreensão do mundo de hoje.”

Em relação a utilizar os conhecimentos da Oficina com os alunos, 100% dos professores afirmaram que o farão e perguntados se voltariam outras vezes para participar de outras oficinas que tratassem de Física Nuclear e Mecânica Quântica, 100% afirmaram que voltariam.

Embora considerando que a amostra pesquisada não pode ser entendida como plenamente representativa do universo de professores, por meio de uma análise preliminar das informações coletadas pudemos constatar que há uma disposição dos professores para participar de cursos de formação contínua na área de Física de Partículas, embora a abordagem deste conteúdo no Ensino Médio encontre obstáculos epistemológicos no tocante ao ensino do Modelo Padrão. Há preocupação dos professores com o processo de assimilação deste conteúdo, externado como se pode depreender pelas respostas que sugerem aliar o conteúdo de Física de Partículas com suas aplicações, visando contextualizá-lo, o que poderia permitir uma melhor assimilação por parte dos alunos.

Assim, em que pese a amostra de professores ter sido bastante restrita, os dados revelam claramente a preocupação dos mesmos em relação aos processos de ensino e aprendizagem em Física de Partículas, cabendo ressaltar que evidentemente há a necessidade de um estudo mais profundo para se verificar outras causas que possam interferir nos processos de ensino e de aprendizagem de Física de Partículas no Ensino Médio.

4. Considerações preliminares

Acerca da pesquisa realizada na 16ª Oficina de Física de Partículas Elementares, explanamos a seguir considerações importantes para a reflexão acerca do ensino do Modelo Padrão no Ensino Médio:

a) A questão dos modelos: é preciso deixar claro para os alunos o que é um modelo na Ciência, explicitar como muitos paradigmas foram derrubados por meio da análise dos modelos atômicos, e que o Modelo Padrão ainda não está completo. Nesse sentido, os PCN (1999, p. 232) assinalam: “É essencial trabalhar com modelos, introduzindo-se a própria idéia de modelo, através da discussão de modelos microscópicos.”

Assim, evidencia-se ao aluno a idéia de a Ciência é uma construção humana, falível, que nem tudo está acabado. Oportuniza-se também momentos para o estudo da História e Filosofia da Ciência percebendo como o conhecimento científico foi construído. (PEDUZZI, 2004).

b) A modelação em Física e a modelação em Química: A esse respeito, Greca e Santos (2005, p. 11) esclarecem:

“(…) Sob o ponto de vista químico eles aprendem o átomo como um sistema material, concreto, realista, cujos elétrons percorrem clássicas trajetórias bem definidas. (...) De outra parte, quando o estudante deve estudar o mesmo assunto na Física deve compreender que não pode associar-se o elétron a uma partícula clássica, que pelo Princípio da Incerteza, o elétron não possui nem dimensão nem posição definidas (...)”.

O que se observa nessa situação é a necessidade de mudança de perfil conceitual² (MORTIMER, 2001). Assim, deve haver um contexto para o modelo atômico químico e outro para o modelo atômico físico.

c) Física de Partículas e Tecnologia: embora as pesquisas na área de Física de Partículas tenham contribuído significativamente para o avanço tecnológico, como por exemplo, o surgimento da World Wide Web (WWW), abrindo espaço para uma ampla abordagem dos temas no âmbito do enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), é preciso deixar claro que as pesquisas nesta área têm como objetivo primordial estudar a estrutura da matéria, estudar como a Natureza se comporta e os eventuais avanços são reflexos dessas pesquisas, não constituindo seu escopo principal. Neste sentido, pode-se discutir com os alunos a natureza das pesquisas realizadas em ciências básicas e em ciências aplicadas.

² “A noção de perfil conceitual nos fornece elementos para entender a permanência das idéias prévias entre estudantes que passaram por um processo de ensino de noções científicas. Ao mesmo tempo, muda-se a expectativa em relação ao destino dessas idéias, já que se reconhece que elas podem permanecer e conviver com as idéias científicas, cada qual sendo usada em contextos apropriados.” (MORTIMER, 2001, p. 16)

d) Os cientistas brasileiros e sua contribuição para a área de Física de Partículas: ensinar Física de Partículas no Ensino Médio é uma boa oportunidade para mostrar aos alunos a contribuição de físicos brasileiros nesta área, tais como o César Lattes, José Leite Lopes, Roberto Salmeron, Jayme Tiomno, Marcelo Damy de Souza Santos, Mario Schenberg, entre outros. Dessa maneira, os alunos poderão perceber que a Ciência não é apenas construída em outros países, mas uma colaboração de várias pessoas, de diferentes nacionalidades.

e) Aceleradores de partículas: a evidência da existência das partículas deve-se aos aceleradores, o que levou ao desenvolvimento do Modelo Padrão. É importante comentar a respeito dos aceleradores, que os mesmos registram a existência das partículas por meio dos detectores, que cada partícula deixa um rastro que lhe é peculiar. Ademais, os alunos costumam imaginar as partículas como se fossem bolas reduzidas a pontinhos e que em consequência poderão tocá-las ou visualizá-las facilmente, pois estão habituados com “objetos tangíveis”. No entanto, os efeitos quânticos não são facilmente “percebidos”, mas ocorrem e os alunos precisam ter conhecimento deste fato. Nesse sentido, é fundamental também explicitar o Princípio da Incerteza de Heisenberg ao se falar do Modelo Padrão.

As considerações aqui tecidas não visam esgotar o debate sobre o ensino de Física de Partículas, mas propor reflexões para que os professores possam repensar sua prática pedagógica.

5. Considerações finais

“Com os grandes aceleradores, como o do CERN, as partículas passaram a ser produzidas em laboratório, os estudos ficaram muito mais refinados e um mundo até então desconhecido começou a surgir. Nasceu a Física de Partículas, ou Física de Altas Energias.” (SALMERON, 2002, p. 48).

Derrubar as barreiras do aparente “incompreensível” e incompleto Modelo Padrão e mergulhar na estrutura da matéria consiste num desafio para o professor do Ensino Médio que deverá repensar sua prática pedagógica e utilizar-se de sua criatividade para criar múltiplos recursos para o Ensino de Física de Partículas Elementares. Atentamos para a necessidade de tomar o devido cuidado com o uso de analogias ao ensinarmos o Modelo Padrão, para não incorrerem em erros conceituais. Outro aspecto a se ressaltar é que não se deve simplesmente memorizar os nomes e a classificação das Partículas Elementares, mas sim promover um ensino com significado, aliando-o ao conhecimento histórico. As quatro interações fundamentais devem ser abordadas, uma vez que todos os fenômenos físicos que ocorrem na natureza, são produzidos por estes quatro tipos de forças.

Além do mais, as abordagens lúdicas promovem uma aprendizagem significativa e para tanto os materiais a serem utilizados nas aulas devem ser potencialmente significativos, como propôs Ausubel (MOREIRA e MASINI, 1982). O uso de mapas conceituais (MOREIRA, 2004,p.13) para encadear os conceitos de Física de Partículas pode também contribuir para uma aprendizagem significativa.

Outro fator relevante que merece destaque é a promoção de cursos de formação continuada oportunizando aos professores o enriquecimento dos seus conhecimentos sobre Física de Partículas. Nesta seara, recomendamos ainda algumas fontes, nas quais os professores poderão efetuar pesquisas visando a preparação de suas aulas, como a leitura do livro “A matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico”, de autoria de Luiz Carlos de Menezes (2005), uma narrativa poética que abrange desde a Cosmologia, enfocando a estrutura da matéria até as aplicações tecnológicas. Outros livros que podem servir de ferramenta de pesquisa para os professores sobre o conteúdo de Física de Partículas, são : “Do átomo grego à Física das Interações Fundamentais” (CARUSO e SANTORO, 2000), “Partículas Elementares: 100 anos de descobertas” (CARUSO, OGURI e SANTORO, 2005), “O mundo das partículas de

hoje e de ontem” (CARUSO, ALVES, MOTTA e SANTORO, 2000). Os professores também poderão visitar o site “A aventura das partículas” [5], cuja versão em português é mantida pelo IFT/UNESP e contém várias informações sobre Física de Partículas Elementares, além de tabelas e figuras que ilustram os conceitos.

No entanto, o maior obstáculo talvez esteja na implementação do conteúdo de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio em virtude da grade horária atual, uma vez que o que se pretende é que esta área da Física seja de caráter formativo e não meramente informativo, ocasionada por uma abordagem muito superficial.

Por sua vez, o enfoque CTS demonstrado pelas aplicações de Física de Partículas presentes no cotidiano dos alunos, pode desencadear o interesse dos alunos por esta área da Física e também o interesse pela Ciência. Além do mais, propostas metodológicas diferenciadas para a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, como a divisão de temas em módulos e que estejam relacionados ao cotidiano dos alunos, também contribuem para modernizar o Ensino de Física, como defendem Oliveira, Vianna e Ferreira (2007).

Cabe ressaltar que o conteúdo de Física de partículas elementares apresenta *dinamicidade*, uma vez que há muito o que se descobrir nesta área, o que implica numa renovação contínua dos conhecimentos. Com funcionamento do LHC, previsto para 2007 há uma grande expectativa pela detecção do Bóson de Higgs, bem como se poderá testar se os quarks possuem sub - estruturas e o Modelo Padrão poderá ser alterado.

Asseveramos ainda a importância das Universidades promoverem cursos de formação contínua em Física Moderna e Contemporânea, de modo que os professores tenham acesso aos conteúdos de FMC, assimilá-los e desenvolvê-los em sala de aula, o que pode fomentar uma discussão a respeito do currículo de Física atualmente vigente em grande parte de nossas escolas, inclusive no sentido de modificá-lo e iniciar gradualmente a introdução de FMC no Ensino Médio.

Conforme afirmamos anteriormente as reflexões aqui expostas não esgotam o tema em questão e neste sentido, o trabalho de pesquisa de Mestrado em curso prossegue visando verificar outros aspectos que possibilitem a implantação do ensino de Física de Partículas Elementares no Ensino Médio.

Para finalizar, gostaríamos de manifestar nossos agradecimentos ao Prof. Dr Francisco Marques (Instituto de Física Gleb Wataghin – UNICAMP/SP) por autorizar a realização da pesquisa qualitativa durante a 16ª Oficina de Física de Partículas Elementares.

6. Referências Bibliográficas:

ABDALLA, M. C. B. *O discreto charme das partículas elementares*. São Paulo: Editora UNESP, 2006.

_____. *Sobre o discreto charme das partículas elementares*. *Revista Física na Escola*, v.6, n.1, 2005.

ALVETTI, M. A . S. *Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje*. Dissertação de Mestrado, UFSC, 1999.

BARROS, C; PAULINO, W. R. *Física e Química – 8ª série*. São Paulo: Ática, 2001.

BASSO, A . C. *O átomo de Bohr no nível médio: uma análise sob o referencial lakatosiano*. Dissertação de Mestrado, UFSC, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais Mais: Ensino Médio – Brasília: Ministério da Educação, 2001.

- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Vol. 2 – Brasília: Ministério da Educação, 2006.
- BROCKINGTON, G. *A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado, IFUSP, FEUSP, 2005.
- CANATO JR, O . *Texto e contexto para o ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média*. Dissertação de Mestrado, USP, 2003.
- CARUSO, F et al. *O mundo das partículas de hoje e ontem*. RJ: CBPF, 2000.
- _____. *Do átomo grego à física das interações fundamentais*. RJ: CBPF, 2000.
- _____. *Partículas Elementares: 100 anos de descobertas*. Manaus: EDUA, 2005.
- CHEVALLARD, Y. *La transposición didáctica*. Buenos Aires: Aique, 1998.
- FIorentini, D; LORENZATO, S. *Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos*. Campinas, SP: Autores Associados, 2006.
- FELTRE, R. *Química*. 5ª ed. Vol.I. São Paulo: Moderna, 2000.
- GILMORE, R. *O mágico dos quarks*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editores, 2002.
- KARAM, R. A . S. M. *Relatividade restrita no início do Ensino Médio: elaboração e análise de uma proposta*. Dissertação de Mestrado, UFSC, 2005.
- LOBATO, T; GRECA, M. I. *Análise da inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física do Ensino Médio*. *Revista Ciência e Educação*, vol.11, n.1, 2005
- LOZADA, C. O; MORRONE, W; ARAÚJO, M. S. T; AMARAL, L.H. *A importância dos modelos matemáticos para o Ensino de Física no Ensino Médio*. Anais do III Simpósio Internacional de Pesquisa em Educação Matemática. Águas de Lindóia: SBEM, 2006.
- _____. *Alternativas de Modelagem Matemática aplicada ao contexto do Ensino de Física: a relevância do trabalho interdisciplinar entre Matemática e Física*. Anais do IX Encontro Nacional de Educação Matemática. Belo Horizonte: SBEM, 2007.
- _____; ARAÚJO, M.S.T. *Alfabetização científica e tecnológica na Nanoaventura: uma viagem divertida pelo mundo da Nanotecnologia*. Anais do XVII Simpósio Nacional do Ensino de Física. São Luís: SBF, 2007.
- MARTIN, G.F.S; BATISTA, I. L. *O ensino de Física de Partículas Elementares nas Licenciaturas em Física*. Anais do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2005.
- MENEZES, L. C. *A matéria uma aventura do espírito: fundamentos e fronteiras do conhecimento físico*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.
- MOREIRA, M . A . ; MASINI, E. F. S. *A aprendizagem significativa : a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- _____. *Partículas e interações*. *Revista Física na Escola*, vol.5, n.2, 2004.
- MORTIMER, E. F. *Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos?* *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 2001.
- NEDEL, D. L. Resenha: *O discreto charme das partículas elementares*. *Cad. Bras. Ens. Fis.* vol.23, n.2, ago. 2006.
- OLIVEIRA, F.F; VIANNA, D.M; FERREIRA, J.C. *A opinião dos professores de Física e alunos do Ensino Médio sobre a introdução de um tópico de Física Moderna e Contemporânea*. Anais do XVII Simpósio Nacional do Ensino de Física. São Luís: SBF, 2007.
- OSTERMANN, F. *Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares*. *Revista Brasileira do Ensino de Física*, vol.21, n.3, setembro de 1999.
- _____; CAVALCANTI, C. J. H. *Um pôster para ensinar Física de Partículas*. *Revista Física na Escola*, v.2, n.1, 2001.
- _____. *Tópicos de Física Moderna e Contemporânea em Escolas de Nível Médio e na Formação de Professores*. Tese de Doutorado, UFRGS, 2000.

PARANÁ, BRASIL. Secretaria de Educação do Estado do Paraná. Departamento de Ensino Médio. Orientações Curriculares de Física, 2005.

PEDUZZI, L. O . Q. *Do átomo grego ao átomo de Bohr: o perfil de um texto para a disciplina evolução dos conceitos de Física*. IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2005.

PINTO, A . C; SILVA, J. A . ; LEITE, C. *PEC- Projeto Escola e Cidadania – Manual de Física*. São Paulo: Editora do Brasil, 2002.

REZENDE JR, M. F. *Fenômenos e a introdução da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado, USFC, 2001.

ROSENFELD, R. *Feynman e Gell – Man : Luz, quarks, ação*. São Paulo: Odysseus Editora, 2003.

SALMERON, R. *A Física como diversão*. *Revista Ciência Hoje*. Vol. 31, n. 185, ago. 2002.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. *Dificuldades da Generalização das estratégias de modelação em Ciências: o caso da Física e da Química*. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 2001.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Educação de SP – CENP. Ensino Médio em Rede – Programa de Formação Continuada para Professores do Ensino Médio, 2004.

SILVA JR, C; SASSON, S, SANCHES, P.S.B. *Ciências – entendendo a Natureza – a matéria e a energia*. 8ª série. São Paulo: Saraiva, 2001.

SIQUEIRA, M. R.P ; PIETROCOLA, M. *A transposição didática aplicada à teoria Contemporânea: a Física de Partículas Elementares no Ensino Médio*. Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006.

_____ ; UETA, N. *A Física Moderna e Contemporânea em sala de aula: uma atividade com raios – x*. Anais do XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Luís: SBF, 2007.

_____ ; SANTOS NETO, E. R; PIETROCOLA, M. *Simulações e animações: recursos para o ensino de Física de Partículas no Ensino Médio*. Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005.

_____. *Do visível ao indivisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, USP, 2006.

TERRAZZAN, E. *A Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, USP, 1994.

[1] <http://public.web.cern.ch/Public/Content/Chapters/Education/OnlineResources/Games-en.html>. Acesso em: 28/07/07

[2] http://ed.fnal.gov/data/physical_sci.html. Acesso em: 28/07/07.

[3] <http://mesonpi.cat.cbpf.br/marisa/software.html>. Acesso em: 28/07/07.

[4] <http://www.particleadventure.org/other/education/index.html>. Acesso em: 28/07/07.

[5] <http://www.aventuradasparticulas.ift.unesp.br/>. Acesso em: 28/07/07.