

## UMA BIBLIOGRAFIA SOBRE O ENSINO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS PARA ENSINO MÉDIO

### 1- INTRODUÇÃO

Já há algum tempo, aproximadamente duas décadas, vem sendo discutido entre professores e pesquisadores em ensino e até mesmo entre os físicos, a relevância da inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio nas escolas do Brasil.

Essa discussão ganhou mais força quando foi sancionada, em 20 de dezembro de 1996, a lei de diretrizes e bases (LDB) do ensino básico (ensino fundamental e médio) nacional, colocando alguns objetivos para este ensino. Dentre eles, a necessidade de renovação curricular, visando os aspectos mais modernos da ciência. Podemos destacar nesta lei, as competências que os alunos devem ter ao concluir o ensino médio:

*“Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstrara:*

*I – domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;*

*II – conhecimento das formas contemporâneas de linguagem;*

*III – domínio dos conhecimentos de Filosofia e de Sociologia necessária ao exercício da cidadania.” (PCN, 99, p.31)*

Esses parâmetros serviram para reforçar a necessidade de atualização e renovação do currículo de Física no E.M., que era algo que vinha sendo discutido e apontado por vários pesquisadores na área de ensino de Física no Brasil.

*“A tendência de atualizar-se o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo.” (TERRAZZAN, apud OSTERMANN, 2000, p.2)*

Mais tarde, outros pesquisadores também tiveram essa preocupação, mostrando a necessidade de renovar o currículo de Física, de tal forma que o ensino da Física, possa fazer que os jovens compreendam melhor os fenômenos ligados às situações vividas por ele no cotidiano.

*“Em nosso cotidiano deparamos cada vez mais com novos aparelhos eletrônicos e opto-eletrônicos, dispositivos automáticos, sistemas de controle, novas usos do laser em medicina e nas telecomunicações, além de aplicações em várias áreas industriais. Tudo isso e muito mais está presente em casa, nas lojas, nos hospitais, supermercados, carros, aeroportos e por que não, também nas próprias escolas.*

*É imprescindível que o estudante do segundo grau conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. Daí a importância de se introduzir conceitos básicos da Física Moderna e, em especial, de se fazer*

*uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano.”*  
(VALADARES e MOREIRA, 1998, p.121)

Mas essa discussão não se restringe somente aqui no Brasil, vários outros países, como os Estados Unidos e Inglaterra, também estão tendo a preocupação de levar para o ensino médio, uma Física mais atual, na tentativa de torná-la mais conectada com as tecnologias modernas da sociedade, levando talvez, a um maior interesse do aprendizado do aluno.

Essa discussão teve uma grande contribuição em 1986, quando no Fermi (Batavia, EUA) foi feita uma conferência para cerca de 100 professores interagirem com um grupo de físicos, com o intuito de promover a abordagem de tópicos de Física de Partículas e Cosmologia no ensino médio. Mostrando que não são somente os pesquisadores em ensino que estão preocupados com a inserção da FMC no ensino médio.

Nesse sentido, foram feitos também alguns levantamentos de quais seriam os tópicos de física moderna de maior interesse dos alunos e professores do ensino médio, por pesquisadores brasileiros e estrangeiros.

No trabalho de STANNARD, há o relato do levantamento feito com alunos iniciantes na universidade, mostrando que tópicos como relatividade restrita, partículas elementares, teoria quântica e astrofísica estão entre as principais influências para esses alunos na escolha da carreira.

Anteriormente, KALMUS também fez um trabalho bem parecido. Nele, ele mostrava a importância de tópicos como relatividade, astronomia e partículas elementares para a escolha da carreira universitária.

Um levantamento desse tipo também foi feito no Brasil, relatado no trabalho de OSTERMANN e MOREIRA. Nele, físicos, pesquisadores em ensino de Física e professores de Física do ensino médio apontaram os seguintes tópicos de FMC que poderiam ser inseridos no ensino médio:

*“efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do Universo, raio-X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas.”*

Desta forma, vemos que existe uma tendência nacional e internacional para a atualização do currículo de física no ensino de Física no ensino médio, buscando inserir a FMC, na tentativa de formar um cidadão mais crítico, participativo e consciente do mundo ao seu redor.

Mas para que isso aconteça aqui no Brasil, é necessário, dentre outras coisas, haver material disponível para o professor. Material que possa dar subsídios aos professores para que estejam preparados para ensinar esses tópicos já que, em muitos casos, ele teve pouco ou praticamente nenhum contato com esses assuntos em sua formação.

Desta forma, o que vamos descrever no próximo item, são os materiais encontrados, que podem servir de suporte e até mesmo de fonte de conhecimento sobre Física de Partículas (partículas elementares e as interações fundamentais) para os professores que tem interesse em conhecer melhor esse assunto para depois inserir em sala de aula.

Tentamos buscar em todas as fontes possíveis esse material e, separamos nos seguintes grupos: livros didáticos do ensino médio; projetos de Física; artigos de ensino de Física; sites; livros e textos de divulgação científica e outros.

Será dado maior ênfase aos materiais escritos em português. Assim, o professor terá um acesso mais fácil a esses materiais. Porém, mostraremos também alguns materiais escritos em inglês.

## **2 – RECURSOS PARA INSERÇÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS NO ENSINO MÉDIO**

Um dos problemas enfrentados pelos professores do ensino médio para inserir a FMC, em especial a Física de Partículas, nas escolas é a escassez de material, que serviriam de fontes de aprimoramento do seu conhecimento sobre o assunto.

Por isso, é muito importante que os físicos, em conjunto com os pesquisadores em ensino de física, produzam materiais de fácil acesso aos professores das escolas, através da divulgação de suas pesquisas nos laboratórios. Desta forma, os professores teriam onde buscar o conhecimento que necessitam sobre o tópico de interesse.

O que vamos fazer nesse trabalho a partir de agora é mostrar onde e o que tem de material relacionado à Física de Partículas que pode ser de uso do professor. Porém não se tem ainda dados de quais recursos foram efetivamente levados para sala de aula, ou seja, foram aplicados e qual o resultado obtido.

### **2.1 – Livros didáticos do ensino médio**

Aqui mostraremos alguns livros que tratam sobre Física de Partículas e que podem servir como o primeiro contato dos professores com esse assunto.

#### **2.1.1 – GASPAR**

Este autor possui uma coleção com três volumes de livros de Física para o ensino médio e, no final do volume 3 temos dois capítulos que tratam de Física de Partículas. Porém, esse assunto não abrange as 56 páginas destinadas a esses capítulos. A Física de Partículas é tratada em algumas partes ao longo dos capítulos.

No primeiro capítulo pode ser visto a descoberta dos raios X, da radioatividade, dos raios  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ ; a descoberta do elétron e do próton.

Agora no segundo são apresentados a descoberta do nêutron e da antimatéria (pósítron), a proposta do neutrino e do novo modelo atômico e, no último tópico, com o título Física de Partículas, o autor expõe o assunto em 5 páginas.

### **2.1.2 - ALVARENGA e MÁXIMO**

Nesse livro, o assunto sobre Física de Partículas está exposto ao longo do primeiro e terceiro volume, já que os autores tratam sobre FMC nos três volumes dessa coleção através de “tópicos especiais”, no final de cada capítulo.

No volume 1, podemos encontrar no capítulo 9 a discussão sobre a conservação de energia e a aniquilação de um par de partículas; no capítulo 10 temos a exposição da descoberta do nêutron e a experiência de Chadwick.

Já no volume 3 temos a descoberta do elétron e a descrição do que são as partículas elementares no final do último capítulo, descrevendo de forma sintética o assunto em 4 páginas.

### **2.1.3 – HEWITT**

O livro desse autor é uma tradução que só chegou ao Brasil em 2002 com o título Física Conceitual. Por esse motivo, deve ser pouco conhecido pelos professores.

A Física de Partículas é abordada no capítulo 11 do livro, com o título “A natureza atômica da matéria”, discutindo a descoberta do elétron, do núcleo, do próton e do nêutron; a proposta dos quarks e a antimatéria.

Porém, mais a frente, no capítulo 32, ele aborda questões sobre o núcleo atômico, levando a conceitos como radioatividade, radiação  $\alpha$  e  $\beta$ , interações fundamentais, câmaras de bolhas, que estão ligadas à Física de Partículas.

### **2.1.4 – SAMPAIO e CALÇADA**

O último capítulo do livro desses autores, capítulo 74 com aproximadamente 10 páginas, é destinado à Física de Partículas. Nele, os autores dão uma panorama geral sobre as partículas elementares e as interações, chegando até fazer uma classificação das partículas. Essa parte final é bem parecida com o livro do Gaspar.

### **2.1.5 – AMALDI**

Em aproximadamente 20 páginas, o autor aborda um pouco de Física de partículas no final do livro. Tratando de assuntos como a descoberta do elétron, próton e nêutron, a força fraca e o neutrino, as radiações  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , radioatividade natural e transmutação dos elementos.

### **2.1.6 – FELTRE**

Este autor tem uma coleção de 3 volumes de livros de Química. No volume 1 temos o capítulo 4 com cinco unidades, discutindo a evolução do modelo atômico, falando da descoberta do elétron, próton e nêutron, chegando a comentar um pouco sobre os quarks.

Já o volume 2, tem o último capítulo falando de radioatividade e as radiações  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , comentando sobre a estabilidade dos núcleos e as forças envolvidas.

## 2.2 – Projetos de Física

Os projetos de Física surgiram a partir da necessidade de difundir mais a ciência entre os jovens. Como consequência apareceram os projetos intitulados PSSC, HARVARD e NUFFIELD. Este último na Inglaterra e os outros dois, nos Estados Unidos.

Porém, somente o projeto Harvard possui exemplares em português sobre Física de Partículas, os demais estão em inglês, o que restringe um pouco seu acesso.

No caderno suplementar A do Harvard Project Physic é destinado a Física de Partículas, com o título Partículas Elementares.

Neste caderno, temos descritos muitos conceitos utilizados na área, com uma linguagem bem apropriada. Inicia-se a discussão através dos conceitos básicos como as interações, as propriedades e as famílias das partículas. Em seguida, discute-se um pouco sobre a detecção das partículas com aceleradores e câmaras de bolhas. No terceiro capítulo são apresentados conceitos mais complexos como estranheza, estados ressonantes, o caminho dos oito ramos e a outras leis de conservação.

Ao longo dos capítulos tem-se tabelas sintetizando as propriedades das partículas que servirá de auxílio para a atividade que é proposta no último capítulo.

Esta atividade consiste em determinar quais são as partículas que aparecem em fotos de uma câmara de bolhas, tentando reproduzir um pouco do trabalho que os físicos fazem para determinar as propriedades da partícula que aparece. Por isso são tratados os conceitos nos capítulos anteriores.

## 2.3 – Artigos de revistas de ensino de Física

O Caderno Catarinense de Ensino de Física, traz no volume 16 de dezembro de 99 um artigo de autoria de OSTERMANN e CAVALCANTI, que mostra um pôster das partículas elementares e as interações fundamentais. Expondo também os conceitos trazidos no pôster.

Na Revista Ensino de Física, no volume 11 de dezembro de 89, MOREIRA descreve a construção de um mapa conceitual de Física de partículas, além de expor os conceitos nele envolvido. Servindo assim, de suporte para a construção do mapa.

A construção desse mapa pode ser trabalhada como atividade com os alunos no final de um curso de Física de Partículas.

Um texto bem abrangente é trazido na Revista Brasileira de Ensino de Física no volume 21 de setembro de 99. Nele, OSTERMANN traz, numa linguagem apropriada, os conceitos básicos da Física de Partículas para professores do ensino médio, com o título “Um texto para professores do EM sobre partículas elementares.”

Mais recente, foi publicado na revista Física na Escola, volume 5, número 2 de 2004, um artigo de MOREIRA, intitulado Partículas e Interações. Nele é descrito um pouco dos conceitos básicos da Física de Partículas. Esse texto também pode ser visto no site da revista.

## **2.4 – Sites**

Existem muitos sites com assuntos ligados a Física de Partículas. Porém, devemos tomar cuidado e termos um senso crítico para não lermos qualquer coisa, pois nem tudo que se encontra na internet tem rigor científico.

Por esse motivo, vamos indicar alguns sites que são de instituições de confiança, onde sabemos que existe uma preocupação em divulgar para as pessoas, coisas com rigor e da melhor maneira possível.

### **2.4.1 – A aventura das partículas**

Esse é um site traduzido pelo IFT-UNESP, onde trata de uma maneira lúdica a Física de Partículas. Nele, além de encontrarmos os conceitos básicos, podemos ver animações e questões que serviram e ainda servem de combustível para o desenvolvimento da Física de Partículas.

Encontramos nesse site, tópicos sobre o modelo padrão e as evidências experimentais sobre as partículas. Além disso, ele traz um tópico de referência para quem quiser se aprofundar e conhecer mais sobre o assunto.

### **2.4.2 - Atom Build**

Nesse site podemos encontrar uma atividade que tenta mostrar a constituição dos átomos a partir de elétrons e quarks que são os formadores do próton e do nêutron, ou seja, construir átomos (atom builder activity)

Apesar de ser um site em inglês, a atividade é de fácil compreensão, tendo também links para explorar esse e outros assuntos de Física Moderna.

**2.4.3 – Cern** Esse site oferece atividades que podem ser usadas em sala de aula pelo professor. Nele, vemos, de uma forma mais dinâmica, o princípio básico do funcionamento de acelerador de partículas e também, uma viagem ao micro e macro cosmo através da potência de 10 (power of ten).

Além disso, o professor pode navegar por ele, procurando mais informações sobre a Física de Partícula e as pesquisas feitas no cern.

É interessante frisar que parte do site tem uma versão em espanhol, que fica mais fácil de entender seu conteúdo.

### **2.4.4 – CBPF**

Esse é o site do centro brasileiro de pesquisas físicas – CBPF. Nele podemos ter fácil acesso a artigos de divulgação de Física de Partículas em uma linguagem bem apropriada,

através do link publicações de divulgação científica do CBPF, encontrando um caderno sobre partículas elementares com 4 páginas e um livro sobre Física Moderna com muitas informações de partículas elementares e suas interações. Nesta página, também podem ser encontrados outros cadernos com assuntos de Física Moderna.

Além disso, é um site bom para os professores se interarem do que é feito atualmente nas pesquisas na área de partículas.

#### **2.4.5 – Ciência Hoje**

Esse é o site da revista Ciência Hoje que é organizado pela sociedade brasileira do progresso da ciência – SBPC. Podemos encontrar nele, vários artigos escritos por pesquisadores de Física de Partículas de uma forma bem simples, tornando a discussão mais acessível ao professor. A referência de alguns artigos se encontram no final do trabalho

### **2.5 – Livros e textos de divulgação**

#### **2.5.1 – O século do quanta**

Esse livro foi organizado em ordem cronológica das descobertas, iniciando com a descoberta do elétron. É um livro que vai um pouco mais além das partículas elementares, mas seu foco está na Física de Partículas.

Nele, o leitor pode encontrar a descrição da descoberta feita por um determinado cientista. Porém, ele mostra que a descoberta é fruto de pesquisa de vários outros cientistas, ou seja, que a descoberta de um, conta com a contribuição de outros que o antecederam.

Além de descrever as descobertas, o livro tenta retratar quais eram os problemas enfrentados pela ciência naquela determinada época, levantando as questões e as propostas de solução para aquele determinado problema e, mostrando porque uma solução foi aceita e outra não.

É um livro que abrange muitos conceitos de Física de Partícula através da história da ciência, fazendo com que as pessoas possam compreender um pouco mais sobre o assunto e determinado cientista.

#### **2.5.2 – Do átomo Grego à Física das interações fundamentais**

Esse livro é uma descrição de palestras, conferências e mesas-redondas que ocorreram no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) no Rio de Janeiro, em janeiro e fevereiro de 93, que foi denominado LISHEP93 (I Escola Internacional de Física de Altas Energias do Lafex). Ele é a primeira obra de uma série de 3 livros sobre a divulgação da Física de Partículas.

Nessa ocasião vários físicos tentaram divulgar mais a Física de Altas Energias (Física de Partículas) incentivando a sua inserção nas escolas de ensino médio no Brasil. Para isso, eles tentam, através de palestras e conferências, dar subsídios históricos e conceituais para os professores que se interessam em levar esse tópico aos jovens.

Por isso, esse livro trata basicamente só de Física de Partículas, com textos escritos por renomados físicos que se preocupam com a divulgação e com o ensino de Física, como José Maria Filardo Bassalo, José Leite Lopes, Mário Novello, Beatriz Alvarenga entre outros.

O livro torna-se também interessante porque vai além da parte conceitual da Física de Partículas. Ele traz os debates ocorridos em mesas-redondas, discutindo as relevâncias do ensino de Física de Partículas, sua relação com novas tecnologias e os livros didáticos

### **2.5.3 – O mundo das partículas de hoje e de ontem**

Esse livro é referente ao LISHEP95 (II Escola Internacional de Física de Altas Energias do Lafex), ou seja, é a segunda obra da série citada no item anterior

Nele, também podemos encontrar vários conceitos da Física de Partículas que não são trazidos no primeiro ou são melhor detalhados. Além de trazer as discussões relacionadas com o ensino de física e o livro didático.

### **2.5.4 – Partículas elementares: 100 anos de descobertas**

É o livro referente ao LISHEP2001. Destinado a divulgar as descobertas em Física de Partículas em ordem cronológica.

O livro inicia dando um panorama da Física antes de 1900, seguindo as descobertas de partículas até a descoberta do quark bottom e por último do quark top, em 1995.

È um livro de traz muitas informações sobre o campo da Física de Partículas.

### **2.5.5 – QED: A estranha teoria da luz e da matéria**

Neste livro, Richard Feynman, tenta falar um pouco sobre a Eletrodinâmica Quântica de uma maneira mais apropriada, de tal forma que pessoas interessadas no assunto possam entender.

Ao fazer isso, ele acaba passando por pontos que estão ligados diretamente com a Física de Partículas, como as interações e seus mediadores, os diagramas de Feynman, os quarks e outros conceitos ligados as partículas elementares.

### **2.5.6 – O mágico dos quarks**

Nesse livro, o autor se propõe a descrever os conceitos da Física de Partículas através de uma história lúdica, baseada no conto O mágico de oz.

Assim, ele mostra diversos conceitos como as interações fundamentais e suas propriedades, as famílias das partículas, o funcionamento dos aceleradores de partículas, quais são as partículas elementares entre outras coisas.

Desta forma, todo o livro trata da Física de Partículas de uma maneira bem descontraída, mas ao alcance de todos, como propõe o autor.

### **2.5.7 – Os sonhos atribulados de Maria Luiza: uma alegoria da cosmologia e da física**

O autor, Mário Novelo, tenta trazer para o leitor um espaço lúdico onde possa tentar transmitir alguns conceitos de Física Moderna, através dos sonhos de uma jovem garotinha, criando um ambiente mais relaxado para falar de coisas complexas. Desta forma, acaba tratando sobre a Física de Partícula em dois capítulos do livro.

## **2.6 – Outros livros**

Aqui, vamos descrever alguns livros que não são de divulgação científica, mas podem ajudar aos professores a entender um pouco mais sobre o assunto, pois esses livros trazem um pouco da matemática que não é abordada nos itens anteriores.

### **2.6.1 – Física Moderna**

Este é um livro utilizado em muitas universidades por professores que ministram disciplinas de Física Moderna. Ele trata diversos assuntos atuais com o formalismo matemático.

Ele traz um capítulo exclusivo sobre Física de Partículas e pode ser aprofundado com outros capítulos como o de Física Atômica e Nuclear, que ajudam a entender melhor os processos de decaimentos de núcleos e as interações envolvidas.

### **2.6.2 – Introdução a Física Nuclear**

O capítulo inicial deste livro é dedicado a Física de Partículas, dando um panorama geral do assunto. Ele traz também o assunto em outros capítulos, apesar de não ser bem específico. Aqui também temos todo formalismo matemático referente a esse conteúdo.

## **3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como já foi dito, um dos problemas enfrentados pela inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio é a falta de material de estudo e didático. No caso da Física de Partículas isso não é diferente, apesar de ter muitos materiais em inglês.

Porém, como podemos ver, o Brasil está começando a produzir material de qualidade. Esse é o reflexo de físicos que estão preocupados com a divulgação das pesquisas feitas tanto aqui no país quanto em outros países, onde pesquisadores brasileiros trabalham em colaboração.

Esse movimento vem a contribuir muito com a tentativa de pesquisadores em ensino a inserirem a Física Moderna no ensino médio.

No entanto, ainda é escassa as propostas que efetivamente levam a Física Moderna para as salas de aula. Isso, ao nosso ver, se deve a poucas disciplinas na formação do professor que trabalham esses conteúdos.

Por isso, além de termos material e recursos para levar a Física de Partículas para o ensino médio, é necessário trabalharmos o conteúdo dessa área com os professores, seja na formação dele ainda na licenciatura seja na formação continuada.

Além disso, podemos constatar, que os conteúdos trazidos nos livros didáticos consultados não são suficientes para tratar esse assunto na sala de aula. O professor precisa de fontes que aprofundam mais essa discussão. Por isso, preocupamos em fazer este trabalho, fornecendo mais referências a eles.

#### 4 – REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. **Curso de Física**. 5ª ed., V.1. São Paulo: Scipione, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Curso de Física**. 5ª ed., V.3. São Paulo: Scipione, 2000.
- ALVES, Gilson; CARUSO, Francisco; FILHO, Hélio da Motta; SANTORO, Alberto. **O mundo das partículas de hoje e de ontem** Rio de Janeiro: CBPF, 2000.
- AMALDI, Ugo. **Imagens da Física** – As ideais e as experiências do pêndulo aos quarks. Editora São Paulo: Scipione, 1995.
- CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor; SANTORO, Alberto. **Partículas elementares: 100 anos de descoberta**. Manaus: Editora da Universidade Federal de Manaus, 2005.
- CARUSO, Francisco; SANTORO, Alberto. **Do átomo Grego à Física das interações fundamentais**. Rio de Janeiro: AIAFEX, 1994.
- COELHO, Hélio T., ROBILOTTA, Manoel R. Forças Nucleares. **Ciência Hoje**, v.11, n.63, página, mes 1990.
- FELTRE, Ricardo. **Química**. 5ª ed., V.1. São Paulo, Moderna, 2000.
- \_\_\_\_\_. **Química**. 5ª ed., V.3. São Paulo, Moderna, 2000.
- FEYNMAN, Richard P. **QED: A estranha teoria da luz e da matéria**. 1ª ed. Lisboa: Gradiva, 1988.
- GASPAR, Alberto. **Física – Eletromagnetismo e Física Moderna**. 1ª ed, V.3. São Paulo: Ática, 2001
- GILMORE, Robert. **O mágico dos Quarks: a física de partículas ao alcance de todos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.
- HARVARD PROJECT PHYSIC. Unidade Suplumentar A. **Partículas elementares**. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1987.
- HEWITT, Paul. **Física Conceitual**. 9ª ed. Porto Alegre. Bookman, 2002.
- <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em 21/07/2005 as 14:15 horas
- <http://microcosm.web.cern.ch/Microcosm/esp/welcom.html>. Acesso em 21/07/2005
- <http://www.aventuradasparticulas.ift.unesp.br/>. Acesso em 21/07/2005
- MOREIRA, Marcos Antonio. Partículas e interações. Disponível em : < [http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/hemeroteca/fie/fie05n2/fie05n2\\_03.pdf](http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/hemeroteca/fie/fie05n2/fie05n2_03.pdf). > Acesso em 26/07/2005
- <http://www.cbpf.br/Publicacoes.html> Acesso em 21/07/2005

<http://www.pbs.org/wgbh/aso/tryit/atom/>. Acesso em 21/07/2005

- KALMUS, P. I. Particle physics at A-level—the universities viewpoint. **Physics Educations**, Bristol, V.27, n.2, p.62-64, mar. 1992.
- MENEZES, Luís Carlos de (2003), Textos do curso: Fundamentos da Física e Física Contemporânea como conteúdos instrucionais. Instituto de Física, USP, São Paulo
- MOREIRA, Marco Antônio. Um mapa conceitual sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Física**. V.11, p.114-129, dez 89.
- MOREIRA, Marcos Antonio. Partículas e interações. **Revista A Física na escola**, V.5, n.2, p.10-14, out 2004.
- NOVELLO, Mário. Os sonhos atribulados de Maria Luíza: uma alegoria da cosmologia e da física. Jorge Zahar ed. Rio de Janeiro, 2000
- OSTERMANN, F. Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, V.21, n.3, p.415-436, set 99.
- OSTERMANN, Fernanda. Partículas elementares e interações fundamentais. Instituto de Física – UFRGS. Porto Alegre, 2001 (Texto de apoio ao professor de Física, V.12).
- OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, V.16, n.3, p.267-286, dez.99.
- OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, V.18, n.2, p.135-151, ago 2001.
- PARAMETROS CURRICULARES NACIONAIS: ensino médio. Ministério da educação. Secretária da educação média e tecnológica. Brasília, 1999.
- SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. **Física**. V. único. São Paulo: Atual, 2003.
- TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- VARELA, João. **O século dos quantas**. Lisboa: Gradiva, nov 96.
- PAULA, Leandro de; GANDELMAN, Mirian. A assimetria do Universo: Porque existe mais matéria do que antimatéria? **Ciência Hoje**. V.25, n.148, p.30-37, abr.99
- NATALE, Adriano A.; GUZZO, Marcelo M. Neutrino: partículas onipresentes e misteriosas. **Ciência Hoje**. V.25, n.147, p.34, mar.99
- MIGNACO, Juan Alberto; SHELLARD, Ronald Cintra. A matéria indivisível. **Ciência Hoje**. V.3, n.14, p.41-49, set/out.84
- SCOCOLA, Norberto. Pentaquark: nova partícula subatômica? **Ciência Hoje**. V.35, n.210, p.36-40, nov.2004.
- PIRES, Antônio Sérgio Teixeira. Solução para o desconcertante. **Ciência Hoje**. V.33, n.193, p.76-79, maio 2003.