

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências

**PARTÍCULAS ELEMENTARES NO ENSINO MÉDIO: UMA
ABORDAGEM A PARTIR DO LHC**

WAGNER FRANKLIN BALTHAZAR

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Lopes de Oliveira

**Nilópolis
2008**

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências

**PARTÍCULAS ELEMENTARES NO ENSINO MÉDIO: UMA
ABORDAGEM A PARTIR DO LHC**

WAGNER FRANKLIN BALTHAZAR

Dissertação apresentada ao Programa Pós-Graduação
Stricto Sensu em ensino de ciências do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ensino de Ciências

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Lopes de Oliveira

**Nilópolis
2008**

Ficha Catalográfica

BALTHAZAR, WAGNER FRANKLIN

Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC [Rio de Janeiro] 2009

200 p. 29,7 cm (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências/IFRJ, M.Sc., Ensino, 2008)

Dissertação – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro,

PROPEC

1. Ensino

2. Ensino de Ciências

3. Ensino de Física

I. PROPEC/IFRJ. Título (série)

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências

**PARTÍCULAS ELEMENTARES NO ENSINO MÉDIO: UMA
ABORDAGEM A PARTIR DO LHC**

WAGNER FRANKLIN BALTHAZAR

Dissertação apresentada ao Programa Pós-Graduação Stricto Sensu em ensino de ciências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Aprovada em _____ de _____ de 20____

Banca Examinadora

Dr. Alexandre Lopes de Oliveira - Presidente da Banca
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Dr. José Helayêl Abdalla Neto – Membro Externo
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

Dr. José Roberto Bernardo
Universidade Federal Fluminense

Dr. João Alberto Mesquita Pereira – Membro interno
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

**Nilópolis
2008**

Dedico este trabalho para meus filhos Lavinia e Heitor e para minha esposa Erika, por terem me apoiado e aceitado se privar da minha presença em função dos estudos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

A minha família, Erika, Lavínia e Heitor pelo apoio e compreensão em todos os momentos.

A meus Pais, Roberto e Maria e a minha avó Genny, por tudo.

A todos os meus antepassados, pela oportunidade de estar aqui.

Ao Sr. Peter e Mario di Biasi, se não fosse os 70% de desconto no curso de Matemática não teria começado minha vida acadêmica.

Ao meu orientador pelo comprometimento e amizade que tornaram possível este trabalho.

A todos os professores e colegas que participaram de alguma forma trabalho, seja nas aulas do mestrado, na participação dos questionários ou nas instituições em que trabalho, pelo conhecimento e apoio que tornaram esse trabalho possível.

“Uma mente que se abre a uma nova idéia jamais volta ao seu tamanho original”

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo discutir a inserção do tema Partículas Elementares no Ensino Médio a partir do Large Hadron Collider (LHC).

Para atingir este objetivo foram discutidas a inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio e as abordagens metodológicas Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e História e Filosofia da Ciência (HFC), que são o aporte teórico deste trabalho.

A partir dessa fundamentação teórica construímos um material didático para o ensino de partículas elementares no ensino médio a partir do LHC.

Palavras Chave: Física Moderna e Contemporânea (FMC); Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS); História e Filosofia da Ciência (HFC); Ensino Médio e Large Hadron Collider (LHC).

ABSTRACT

This paper aims to discuss the inclusion of the theme Elementary Particles in High School from the Large Hadron Collider (LHC).

To achieve this goal have been discussed in this paper the inclusion of Modern and Contemporary Physics (MCP) in high school and methodological approaches Science, Technology and Society (STS) and History and Philosophy of Science (HPC), which are the theoretical contribution of this work.

From this theoretical construct a material for the teaching of elementary particles in high school from the LHC.

Keywords: Modern and Contemporary Physics (MCP), Science, Technology and Society (STS), History and Philosophy of Science (HPC), high school and Large Hadron Collider (LHC).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura I: Relação entre os capítulos de Física Clássica e FMC nos livros escolhidos no PNLEM 2009	27
Tabela I: Análise do texto traduzido com possibilidade de temas que podem ser abordados a partir do LHC	69
Figura II: Mapa conceitual sobre a proposta do trabalho	78
Figura III: Partículas do Modelo Padrão	85
Tabela II: Respostas dos professores questão 1	88
Tabela III: Respostas dos professores questão 2	89
Tabela IV: Respostas dos professores questão 3	90
Tabela V: Respostas dos professores questão 4	92
Tabela VI: Sugestão de atividades para parte I do texto	110
Tabela VII: Sugestão de atividades para parte II do texto	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CERN - Organização Européia para Pesquisa Nuclear (European Organization for Nuclear Research)

CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade

EM – Ensino Médio

HFC - História e Filosofia da Ciência

LHC - Grande Colisor de Hádrons (Large Hadron Collider).

PCNEM+ - Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio +

QCD - Cromodinâmica quântica.

QED - Eletrodinâmica quântica.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
1.1. Inserção de FMC no currículo de Física do Ensino Médio	19
1.1.1. Analisando a opinião dos professores.....	29
1.1.2. Considerações sobre a inserção de FMC no ensino médio.....	34
1.2. Ciência, Tecnologia e Sociedade e História e Filosofia da Ciência	38
1.2.1. Ciência, Tecnologia e Sociedade	39
1.2.2. História e Filosofia da Ciência.....	49
1.2.3. Considerações Finais sobre os enfoques CTS e HFC.....	57
2. PARTÍCULAS ELEMETARES NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM A PARTIR DO LHC	61
2.1. O Large Hadron Collider (LHC) como tema gerador	62
2.2. Partículas Elementares.....	74
3. O PRODUTO FINAL	81
3.1. Avaliando o material.....	86
CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	95
REFERÊNCIAS	101
ANEXO I.....	109
ANEXO II	110
ANEXO III.....	111
ANEXO IV.....	113

1. INTRODUÇÃO

São vários os trabalhos que atualmente sugerem a inserção de temas atuais de Física no Ensino de Médio, como por exemplo, Ostermann e Cavalcanti (1999); Ostermann e Moreira (2001), Pinto e Zanetic (1999), Terrazan (1992), Júnior (2003). No entanto, na sugestão curricular dos governos estaduais verifica-se a ausência de tópicos de física além da 2ª metade do século XIX, de tal forma que continuamos ensinando na escola temas Clássicos, limitando o aluno do ensino médio a um conhecimento em Física que raramente extrapola a metade do século XIX. Segundo Terrazan (1992) a influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea é fundamental para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo Mundo.

Nesse sentido, acreditamos que a falta de temas mais atuais no ensino de Física tem provocado um grande distanciamento do aluno com a Física ensinada na escola. Quando o aluno liga a TV, lê um jornal ou uma revista, os assuntos relacionados à Física são atuais, por exemplo, o LHC, supercondutividade (novo trem bala Rio - São Paulo), teoria das cordas, antimatéria, não parecendo em nada com aquilo que ele estuda na escola. Entendemos que a discussão sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino seja essencial para o futuro do ensino de Física no país, por esse motivo discutiremos o currículo de Física no ensino médio.

A necessidade da discussão do currículo de Física se deve face à questão central desse trabalho: a inserção do tema Partículas Elementares no ensino médio, abordado a

partir de um tema gerador atual: o *Large Hadron Collider*¹ (LHC). Já que o assunto Partículas Elementares não é tratado no atual currículo do ensino médio e o LHC é um tema atualíssimo.

Não temos a pretensão de sugerir nesse trabalho que o currículo de Física do Ensino Médio receba mais uma carga de conteúdos, até por que grande parte dos professores já não consegue cumprir os conteúdos da atual sugestão curricular. Nem estamos defendendo o fim da Física Clássica na escola, já que sua compreensão (não da totalidade) é importante para entender a Física Moderna e Contemporânea. O objetivo deste trabalho é discutir a inserção de conteúdos do século XX, especialmente Partículas elementares, pensando no que se deve priorizar no currículo de Física.

A partir dessa discussão sobre o currículo em Física, escolhemos um tema para o qual convergiria nossa pesquisa, o tema escolhido foi Partículas Elementares. Segundo Ostermann e Moreira, (2001) "partículas elementares" esteja vinculado a questões mais básicas da Física. Como funciona o Universo é uma pergunta que tem fascinado os cientistas há séculos e também o homem como espécie e é, em certo sentido, a pergunta-chave desta área da Física.

Tínhamos também como objetivo trazer um tema atual para discussão. Um tema que aparecia constantemente na mídia em 2008, e acreditamos que ainda vá aparecer durante muitos anos, foi o LHC. Essa divulgação em massa, o fato de ser um assunto atual por vários anos e o grande número de indagações feitas pelos alunos em sala de aula sobre essa grande obra da ciência, foram fatores decisivos para a escolha do LHC como tema gerador do trabalho. Não podemos perder de vista a relação entre Partículas Elementares e

¹ Grande Colisor de Hádrons

o LHC, segundo a European Organization for Nuclear Research² CERN (2008), os físicos tem sido capazes de descrever com detalhes as partículas fundamentais e as interações entre elas. É claro que esse conhecimento (modelos) requer dados experimentais, esse é o grande objetivo do LHC.

Partimos então para uma discussão teórica sobre o currículo no ensino médio, com objetivo obter referencial teórico para nosso trabalho. Fizemos então um questionário utilizando a metodologia qualitativa, segundo Richardson, (apud Marconi e Lakatos, 2004, p. 271) para ouvir a opinião dos professores do ensino médio sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e o tema escolhido Partículas Elementares, abordado a partir do LHC. Um dos motivos da escolha dessa metodologia é que tínhamos por objetivo trabalhar com poucos professores. Os dados obtidos serão discutidos no capítulo 1, sobre a inserção de temas atuais de física no ensino médio.

Como optamos por trazer a discussão do tema Partículas Elementares a partir de um tema gerador (LHC), entendemos que além da discussão, seria necessária uma abordagem metodológica que fosse capaz de facilitar o processo ensino aprendizagem. Escolhemos então a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Segundo Santos e Mortimer (2002) o contexto atual é bastante favorável para a elaboração de projetos nacionais de ensino de ciências, tanto para o ensino fundamental como para o médio, com ênfase em CTS.

O enfoque metodologia CTS nos parece ter grande potencial para contribuir com o ensino-aprendizagem em ciências. No entanto, ela parece mais completa quando associada a outro grande de estudo no ensino: a História e Filosofia da Ciência.

² Organização Européia para Pesquisa Nuclear

A idéia de trazer a abordagem em História e Filosofia da Ciência (HFC) se deve principalmente a dois fatores: muito do que se conhece sobre as partículas nasce a princípio da filosofia, ou seja, a teoria muitas vezes precede o experimento e o material sobre partículas será escrito num enfoque histórico e filosófico, buscando entender a origem do conhecimento sobre partículas elementares. Segundo Ostermann e Moreira (2001) muitas previsões teóricas da existência de partículas anteciparam resultados de experimentos, ou seja, confirmaram a crença filosófica contemporânea na inseparabilidade entre pressupostos teóricos e experimentos.

A idéia da abordagem histórica e filosófica da ciência é entender como se desenvolveu o conhecimento do homem sobre as partículas elementares, reforçando a ciência como uma construção humana. Acreditamos que o desenvolvimento do conhecimento dentro de um contexto histórico pode auxiliar os alunos na compreensão do mundo subatômico das partículas elementares, permitindo uma visão mais ampla do Universo e de sua realidade.

Traremos no primeiro capítulo uma Fundamentação Teórica para os capítulos subsequentes. Discutiremos nesse capítulo a importância da inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, a importância de abordagem CTS e HFC. Entendemos que essa é uma discussão essencial para o desenvolvimento da questão central desse trabalho: a inserção do tema Partículas Elementares no ensino médio, abordado a partir do LHC.

Sobre o tema gerador, lembramos que o LHC é a maior obra de engenharia feita pelo homem, as consequências da pesquisa para sua construção e funcionamento podem

interferir na forma como a sociedade se interage, com o surgimento de novas tecnologias. Sua escolha será discutida no capítulo 2.

No segundo capítulo discutiremos também a importância de se ensinar partículas elementares no ensino médio e o potencial do LHC como tema gerador para o ensino. Essa discussão será feita com base no aporte teórico já construído no capítulo anterior.

A partir da fundamentação teórica construída nesses dois capítulos, pretende-se criar um módulo de ensino de Partículas Elementares para o ensino Médio. O material terá as seguintes características:

1. Texto de apoio para o professor;
2. Slides para apresentação do tema;
3. Sugestão ou descrição de atividades (vídeos, textos, trabalhos e debates) para sala de aula;

No terceiro capítulo traremos a discussão sobre o produto final. O material de apoio será organizado na seqüência ausubeliana (Moreira e Masini, 2006) que propõe uma seqüência que vai do geral para o particular. Acreditamos que nessa seqüência o aluno consiga ter no início do processo uma visão geral da proposta de ensino, tendo conhecimento de onde ele está e aonde se quer chegar.

O texto que faz parte de nossa proposta será apresentado a um grupo de professores com objetivo de realizarmos uma avaliação do material.

A proposta para abordagem deste material será feita a partir dos enfoques CTS e HFC. Acreditamos com isso que o aluno possa entender a relação entre o desenvolvimento o conhecimento em física de partículas e o desenvolvimento de novas tecnologias que

influenciam nossa sociedade e, conseqüentemente, nossa forma de viver. A proposta CTS converge bem com a visão de Freire (2003b, pág. 96):

[...] A questão fundamental, neste caso, está em que faltando aos homens uma compreensão crítica da totalidade em que estão, captando-a em pedaços nos quais não reconhecem a interação constituinte da mesma totalidade, não podem conhecê-la. E não podem porque, para conhecê-la, seria necessário partir do ponto inverso. Isto é, lhes seria indispensável ter antes a visão totalizada do contexto para, em seguida, separarem ou isolarem os elementos ou as parcialidades do contexto, através da cisão voltariam com mais totalidade a totalidade analisada.

Esperamos com esse material contribuir para o processo ensino-aprendizagem, valorizando como discutiremos a seguir, um ensino de qualidade que contemple a uma formação crítica e questionadora a partir do tema-gerador escolhido.

No último capítulo faremos à conclusão do trabalho buscando perspectivas para trabalhos futuros.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Traremos nesse capítulo uma discussão sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio; Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e História e Filosofia da Ciência (HFC).

O objetivo da discussão sobre Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio é buscar aporte teórico para os capítulos subseqüentes, o tema que tratamos nesse trabalho não pertence, salvo algumas exceções, ao atual currículo de Física. Entendemos que também seria interessante, para somar a nossa discussão teórica, uma pesquisa qualitativa com alguns professores, para ouvi-los com relação a nossa proposta de inserir um tema moderno no currículo.

Quanto à discussão sobre CTS e HFC, ela se faz necessária já que nossa proposta para abordagem do tema partículas elementares será feita a partir do Large Hadron Collider (LHC), valorizando as relações entre o conhecimento em física, sua relação com tecnologia e sociedade, além disso, o assunto será tratado num contexto histórico-filosófico.

1.1. Inserção de FMC no Currículo de Física do ensino médio

A idéia desse subcapítulo é discutir a inserção de física moderna e contemporânea no ensino de Física da escola média, buscando subsídios teóricos e motivos que justifiquem tratar o tema Partículas Elementares no ensino médio.

Segundo Alvarenga (1994, p. 243) a discussão sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio é antiga, e surgiu primeiramente em outros países, enquanto no Brasil, em 1993, a FMC no Ensino médio era tema de pouca atenção para pesquisadores em ensino, só 6 trabalhos de pós-graduação tratavam de FMC no ensino médio e nenhum dos trabalhos abordava a Física Atômica e das Partículas Elementares.

Terrazan (1992) quando fala sobre a inserção de FMC no ensino de Física na escola do 2º grau (atual ensino médio) levanta a seguinte questão: O que se pode esperar de uma Física escolar que esteja tão descompassada / defasada no tempo?

Apesar da pergunta ter sido feita no “início” das discussões sobre a inserção de FMC no ensino médio no Brasil, ela ainda é atual, já que as discussões e pesquisas evoluíram, mas o currículo de Física na escola média de hoje, continua o mesmo da referida época. Tradicionalmente o currículo de Física é composto pelas seguintes matérias: Mecânica – 1ºano; Calorimetria, Óptica e Ondulatória – 2ºano; Eletricidade – 3º ano, conhecimento limitado a meados do século XIX.

Para Alvarenga (1994, p. 241-242) um dos problemas é a falta de materiais adequados para alunos do ensino médio, já que os livros didáticos quase nunca tratam do assunto. Alvarenga (1994, p. 243) ainda faz votos para que pesquisadores estudem maneiras adequadas para introduzir Física Moderna nos currículos escolares.

Poucos anos depois, segundo Carvalho e Vanucchi (1996) muitos esforços têm sido feitos, quer em nível internacional, quer em nível nacional, com objetivo trazer a física

contemporânea e também as explicações de uma tecnologia mais atual para o ensino de segundo grau.

Ostermann e Moreira (2000) apresentam um artigo de revisão englobando temas de FMC para o ensino médio apresentados na literatura ou como bibliografia para consulta de professores e alunos, publicados desde o final da década de 70, perfazendo um total de 79 textos para vários assuntos de FMC.

Podemos notar que as discussões sobre FMC no ensino médio são anteriores ao PCN. Vejamos o que diz os recentes Parâmetros Curriculares Nacionais para Ensino Médio (PCNEM+), já que em sua proposta o ensino de Física ganha um novo sentido:

[...] voltado para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem (pág. 59).

Essa afirmativa do PCNEM indica com clareza o jovem cidadão que uma escola de nível médio deseja formar. Também parece atender bem a Lei de Diretrizes e bases da Educação 9394/96, seção IV, art. 35 e 36.

Sobre as finalidades do ensino médio:

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

O currículo do ensino médio observará as seguintes diretrizes:

I - destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

II - adotará metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes;

§ 1º Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstre:

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 necessários ao exercício da cidadania.

Para atender o disposto em Lei, para onde os documentos oficiais parecem convergir, parece que precisamos, entre outros fatores, de um ensino que aborde questões atuais, sem o qual não há desenvolvimento da autonomia intelectual e pensamento crítico, nem a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos da produção moderna. Referindo-nos ainda aos PCNEM+, como pode o jovem após o ensino médio ter adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem, se ele não tem conhecimento de temas que fazem parte do seu mundo atual?

Segundo as Diretrizes Nacionais Para o Ensino Médio (Parecer 15/1998), na descrição da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias objetivam a

constituição de habilidades e competências que permitam ao educando (citamos aqui somente duas habilidades e/ou competências):

- Entender a relação entre o desenvolvimento das ciências naturais e o desenvolvimento tecnológico, e associar as diferentes tecnologias aos problemas que se propuseram e propõem solucionar.
- Entender o impacto das tecnologias associadas às ciências naturais na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social.

Podemos notar a importância de que a ciência seja discutida sob um cenário atual, que permita ao aluno uma visão mais ampla de suas aplicações e influência no mundo moderno.

É com base na Lei de diretrizes e bases da educação 9394/96, no PCNEM+ e nas Diretrizes Nacionais Para o Ensino Médio que propomos essa discussão, refletindo sobre a inserção de FMC no ensino médio.

Achamos interessante propor com base na apresentação dos documentos oficiais seguinte questão: como podemos formar um cidadão contemporâneo, capaz de participar da realidade e do mundo em que vive, se ele desconhece o avanço do conhecimento Físico dos séculos XX e XXI? Avanço este que interfere na sua própria relação com a sociedade e com o mundo. Segundo Ostermann (2000), há muitas justificativas na literatura que nos permitem lançar uma hipótese: há uma tendência nacional e internacional de atualização dos currículos de Física no Ensino Médio. É fundamental também despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e,

portanto, mais próxima a eles. Além disso, uma boa formação científica faz parte de um pleno exercício da cidadania (OSTERMANN e CAVALCANTI, 1999).

Atualmente tem sido amplamente discutida por pesquisadores em ensino, e colocando nossa perspectiva educacional numa formação atual, que forme um jovem capaz de intervir e participar da sociedade, nos parece importante que temas mais atuais da física (FMC) façam parte do ensino de Física. Segundo Carvalho e Vannucchi (1996), vivemos hoje num mundo altamente tecnológico: fibra ótica, códigos de barra, microcomputadores etc. e o nosso ensino ainda está em Galileu, Newton, Ohm, não chegou ainda no século vinte. Como vamos conseguir formar um jovem capaz de compreender e participar do mundo em que vivem, se as orientações curriculares abordam uma Física que na melhor das hipóteses chega ao final do século XIX?

Rezende, Lopes e Egg (2004) extraíram os seguintes temas sobre currículo, após análise do discurso de professores de Física e Matemática: seleção e adequação de conteúdos, vestibular, interdisciplinaridade, contextualização do conteúdo, inovações curriculares, inserção de Física Moderna, formalismo matemático, história da ciência e atividade extraclasse. Essa leitura dos professores parece refletir bem a necessidade de atualizar o currículo no ensino de física.

Vejamos o que diz Chassot (2000, p. 432) sobre o currículo informal:

[...] parece que se pode afirmar que a globalização determinou, em termos que nos são muito próximos, uma inversão do fluxo do conhecimento. Se o sentido era da Escola para a comunidade, hoje é o mundo exterior que invade a Escola. Não há, evidentemente, a necessidade (nem a possibilidade) de fazermos uma reconversão. Todavia, permito-me reivindicar para a Escola um papel mais atuante na disseminação do conhecimento. Sonhadamente, podemos pensar a Escola sendo pólo de disseminação de informações privilegiadas.

Como a escola pode ser um lugar de informações privilegiadas se nossas informações sobre ciências não são atuais?

Carvalho e Vanucchi (1996) apontam como um dos resultados importantes do seu trabalho as tentativas de inclusão de Física Moderna e Contemporânea nos currículos de Física, o que indica como objetivos de **renovação do ensino de ciências** a aproximação entre ciência e o cidadão comum.

Pinto e Zanetic (1999, p.7) indicam que nesse contexto de mudança, não podemos deixar de discutir o currículo de Física e a necessidade de inserir Física Quântica e Relativística (Física Moderna e Contemporânea) no ensino médio. Já que são vários os campos abertos pela Física do século XX, que surgiram para explicar fenômenos que a Física Clássica não explica, abrindo novos horizontes de exploração científica, até então inimagináveis.

Para Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) é preocupante como o ensino de ciências, particularmente a física no ensino médio, não tem acompanhado esse desenvolvimento e cada vez mais se distância das necessidades dos alunos no que diz respeito ao estudo de conhecimentos científicos mais atuais.

Apesar de muitos considerarem importante essa mudança no currículo de Física, existem alguns fatores que contribuem para que essa mudança curricular não ocorra. Entre eles a própria orientação curricular de alguns estados. Como no caso das orientações curriculares para o ensino de Física no Ensino Médio para o estado do Rio de Janeiro (Aguiar, Gama e Costa, 2005), que em sua estrutura curricular não sugere nenhum tópico de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio, sendo apresentada a seguinte justificativa: *“A Física Moderna não foi incluída no currículo proposto, contrariando*

algumas tendências recentes. Esta opção deve-se em boa parte ao fator tempo, pois tal inclusão só poderia se dar com o sacrifício de tópicos essenciais à própria compreensão do tema” [Grifo nosso].

Outro fator que impede essa renovação no ensino de Física é a escassez de material de apoio para o professor, grande parte dos livros didáticos que estão inseridos no currículo de Física contribui para não inclusão de tema de FMC no ensino de física, reproduzindo a justificativa acima grifada. Os livros indicados pelo Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM 2009 – refletem bem esse pensamento, já que quase não trazem Temas de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio. Vejamos uma síntese sobre os livros indicados para escolha:

Livro 1 - Universo da Física (Sampaio e Calçada, 2005) tem um total de 55 capítulos distribuídos em 3 volumes, dentre os quais 2 capítulos no final do livro 3 são destinados à Teoria da Relatividade e Mecânica Quântica.

Livro 2 - Física-Ciência e Tecnologia (Penteado e Torres, 2005) tem um total de 19 capítulos em 3 volumes, sendo que os três últimos 3 capítulos são destinados a Física Moderna (Relatividade Especial, Física Quântica e Física Nuclear). Nos parece ser o único livro em que Física Moderna recebe tratamento de conteúdo integrante do currículo, e não apenas como um apêndice, ou mera curiosidade.

Livro 3 - Física (Máximo e Alvarenga, 2005) tem um total de 25 capítulos em 3 volumes, sendo que o último deles, intitulado a nova física, trata de temas de Física Moderna e Contemporânea.

Livro 4 - Física (Sampaio e Calçada, 2005) tem um total de 74 capítulos em volume único, sendo que os três últimos capítulos são destinados a Física Moderna.

Livro 5 - Física (Gaspar, 2005) tem um total de 46 capítulos, nenhum destinado a Física Moderna, que nesta obra só aparece como apêndice.

Vejamos a seguir um gráfico que mostra a relação entre os capítulos de Física Clássica e FMC.

Relação entre os capítulos de Física Clássica e FMC nos livros escolhidos no PNLEM 2009.

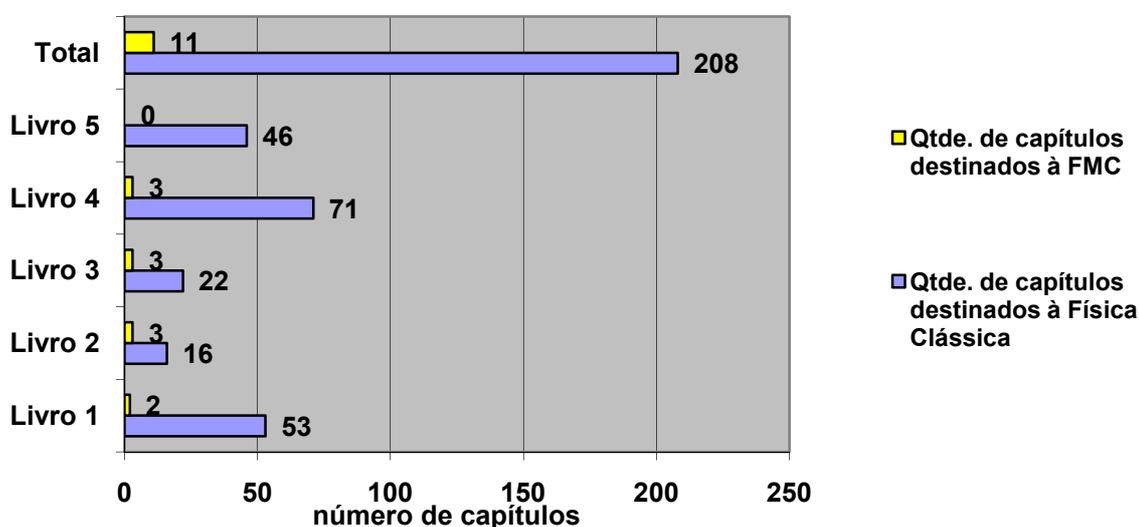


Figura I: Relação entre os capítulos de Física Clássica e FMC nos livros escolhidos no PNLEM 2009.

Podemos notar a escassez de FMC nos livros de Física indicados pelo programa nacional de livros para o ensino médio, somente 5% do total de capítulos é destinado a FMC. Na maior parte dos livros, FMC é apenas um apêndice, em nenhum deles o assunto é tratado ao longo do livro. Dessa forma, apesar de existirem alguns tópicos sobre o assunto, são colocados no final do livro, após a matéria do 3º ano, de forma que possa se privilegiar o currículo de Física Clássica, sem o “prejuízo” de passar por Física Moderna.

Pode-se verificar que, além de ser um tanto escassa, a literatura a respeito de questões metodológicas sobre o ensino da FMC nas escolas, há várias divergências a respeito de qual caminho deve ser seguido (OSTERMANN e MOREIRA, 2001).

É claro que esse cenário contribui para a estagnação do currículo no ensino de Física, em nada contribuindo para uma mudança, por isso é tão necessária à pesquisa, para que materiais e metodologias sejam elaborados, com objetivo de colaborar para que o fim da estagnação do currículo de Física.

Outro aspecto importante é a própria formação do professor nas licenciaturas, que parece não contribuir para formação de um profissional capaz de implementar um currículo atual. Sendo assim o estudante, futuro professor, passa a reproduzir sua experiência acadêmica. No que se refere aos problemas epistemológicos da formação de professores, TARDIF (2000, p.18) conclui que:

[...] Os cursos de formação para o magistério são globalmente idealizados segundo um modelo aplicacionista do conhecimento: os alunos passam um certo número de anos a assistir a aulas baseadas em disciplinas e constituídas de conhecimentos proposicionais. Em seguida, ou durante essas aulas, eles vão estagiar para “aplicarem” esses conhecimentos. [...] Esse modelo aplicacionista não é somente ideológico e epistemológico, é também um modelo institucionalizado através de todo o sistema de práticas e de carreiras universitárias.

Quando se refere à formação de professores de ciências, Maldaner (2007, p. 124) diz que ela está confinada em seus âmbitos formais, sem conseguir traduzir-se em reconstrução teórica e prática eficaz, reduzida a saberes acadêmicos esvaziados de contextos práticos, atrelada a um ofício sem saberes, numa condição esvaziada de teorias. Guimarães (2006) afirma ser preciso superar os obstáculos relacionados às nossas crenças pessoais e profissionais para que as inovações sejam frutos de reflexão sobre a ação e não apenas tentativas pontuais de se adequar a orientações externas e/ou modismos.

Outra dimensão importante da formação do professor é a formação continuada. Perrenoud (1998) quando se refere a essa formação, diz que o primeiro desafio é, primeiramente, o de **colocar explicitamente a formação continua a serviço do desenvolvimento das competências profissionais**. Cabe ao interessado inscrever esses aportes em uma perspectiva pedagógica e didática.

Podemos verificar - e isso parece ser consenso entre grande parte dos pesquisadores e professores (como veremos a seguir) - a necessidade de que o currículo de Física seja contemplado com temas atuais. Essa renovação além de ser prevista na legislação e nas orientações curriculares oficiais, nos parece ponto fundamental para melhoria da qualidade de ensino em nosso país.

Vimos que existem vários fatores obstaculizando essa renovação curricular: falta de material adequado, metodologia em sala de aula, tempo de aula, formação do professor, formação continuada entre outros. Nesse trabalho pretendemos, além da discussão, preparar material adequado para o ensino de Partículas Elementares no Ensino Médio, contribuindo para superação de alguns desses fatores.

1.1.1. Analisando a opinião dos professores

Com objetivo de ouvir os professores sobre a inserção de temas atuais em ensino de Física propomos uma pesquisa qualitativa. Através dessa pesquisa, desejamos a partir do discurso dos professores de Física coletar dados para nossa discussão teórica que confirmem nossa hipótese: sobre a importância de temas atuais no ensino de Física. Escolhemos um tema atual para apresentar aos professores: o Large Hadron Collider

(LHC), como proposta para trabalhar Partículas Elementares no ensino médio. Esse material não existe, mas nos propomos a escrevê-lo como produto final do Mestrado em Ensino de Ciências – Modalidade Física. Dessa forma essa é uma discussão inicial que busca na fala dos professores subsídios para efetuar um trabalho mais amplo.

Esta pesquisa foi realizada com professores do estado do Rio de Janeiro, no mês de abril e maio de 2009. Utilizamos nesse trabalho a metodologia qualitativa, segundo Richardson, (apud Marconi e Lakatos, 2004, p. 271): a pesquisa qualitativa “pode ser caracterizada como tentativa de uma compreensão detalhada dos significados e características situacionais apresentadas pelos entrevistados, em lugar de produção de medidas quantitativas de características ou comportamentos”.

Enviamos questionários - ANEXO I - para 8 professores. Apresentamos abaixo as questões que foram apresentadas aos professores e análise dos resultados obtidos.

Questão 1) O que você acha da Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

Nesta questão apresentamos duas opções de resposta para os professores, viável ou inviável. Dos 8 professores, 5 indicaram como viável a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, 3 indicaram como inviável.

Sabemos que trabalhar Física Moderna e Contemporânea no ensino médio não implica que temas atuais sejam trabalhados, mas queríamos saber se existia entre os professores interesse em extrapolar o conteúdo proposto no atual currículo. Acreditamos que esse seja um ponto importante para as próximas questões.

Um fato que nos chama atenção é o número de professores que considera inviável a inserção. Mas essa opinião se deve a alguns fatores, que serão discutidos a seguir. Em especial a questão 8, nos leva repensar a opinião negativa desses 3 professores.

Questão 2) Por quê?

Entre os professores que consideraram viável a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio foram apresentadas as seguintes justificativas, que transcreveremos a seguir:

Professor 1: – “Porque além de interessante é necessário atualizar a matéria, já que a física e dada no ensino médio é a do século XVI em diante e não do nosso tempo (século XX a XXI)”.

Professor 2: – “Porque há grande aplicação dos Princípios da Física Moderna e Contemporânea nas tecnologias que fazem parte do dia-a-dia dos alunos”.

Professor 3: – “Matemática simples, interesse dos alunos, (desperta curiosidade)”.

Professor 4: – “Possibilita ao aluno ter acesso à ciência e tecnologia mais recentes”.

Professor 8: – “É possível tratar apenas os aspectos qualitativos do conteúdo”.

É importante notar que as justificativas dos professores para inserção de Física Moderna no Ensino Médio refletem bem as orientações dos documentos oficiais, como os PCN's, já discutidos nesse artigo.

Os professores que consideram inviável a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio apresentaram as seguintes justificativas:

Professor 5: – “Os alunos não tem base suficiente para o ensino proposto”.

Professor 6: – “Atualmente falta uma base matemática e interesse do estudante em estudar”.

Professor 7: não respondeu.

Podemos notar que o maior medo dos professores é com relação à base do aluno, principalmente com relação a Matemática. Talvez um reflexo da forma como a Física é hoje trabalhada em sala de aula. Até porque Tópicos de Física Moderna e Contemporânea pode ser ensinado com ferramenta matemática simples, como acontece com a Física Clássica.

Questão 3) Você já trabalhou tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

Três professores afirmam já terem trabalhado Física Moderna no Ensino Médio.

Mesmo não sendo assunto oficial do currículo de Física do estado alguns professores já trabalha esses temas em sala de aula, o que indica um desejo de que esses temas façam parte de suas aulas.

Questão 4) Caso a resposta 3 seja sim, defina quais temas você já trabalhou no ensino médio.

O professor 1 respondeu: Dualidade partícula-onda. Efeito fotoelétrico e Relatividade. O professor 6 não informou os temas já trabalhados. O professor 7 respondeu: Relatividade Restrita.

Os temas citados nas respostas são os que aparecem com maior frequência nos livros didáticos, mesmo que seja com um apêndice. Talvez esse seja o motivo para esses assuntos sejam citados. São assuntos que tem material escrito mais acessível que outros. Isso revela a importância de escrever materiais de apoio sobre temas de Física Moderna Contemporânea.

Questão 5) São vários os tópicos de Física Moderna e Contemporânea que podem ser trabalhados no ensino médio, um deles é Partículas Elementares. Você trabalharia esse tema com sua turma?

Os professores 1, 5 e 8 responderam sim, quatro responderam não e o professor 1 não respondeu.

Inicialmente, esse número nos indica ser inviável trabalhar o tema Partículas Elementares em sala de aula. Mas a questão seguinte nos indica na direção contrária.

Questão 6) Indique quais seriam as maiores dificuldades para trabalhar esses temas em sala de aula?

Professor 1: – “tempo, pois a matéria de Física é muito grande e nem dá tempo de passar o conteúdo completo”.

Professor 2: – “A abordagem deveria ser apenas fenomenológica devido às dificuldades matemáticas inerentes ao conteúdo”.

Professor 3: – “Programa, poucos tempos de Física, material didático”.

Professor 4: – “Estrutura curricular inadequada e abordagem da Física de forma totalmente contrária a facilitação da inclusão desses temas”.

Professor 5: – “o tempo aula”.

Professor 6: – “visualização dos conceitos e base matemática”.

Professor 7: – “Base matemática insuficiente”

Professor 8: – “Os aspectos quantitativos”

Analisando a resposta dos professores podemos notar com facilidade quatro fatores de dificuldade para se trabalhar novos tópicos de Física no Ensino Médio: a carga horária,

pois o tempo é insuficiente para o cumprimento do atual currículo; o conhecimento matemático dos alunos; a estrutura curricular e a metodologia utilizada.

Questão 7) Você acha que trabalhar temas atuais no Ensino de Física, neste caso Física de Partículas, pode contribuir para que o aluno se interesse mais pela Física?

Seis professores responderam sim, os professores 6 e 7 responderam: não.

Questão 8) Se você recebesse um material de apoio para trabalhar com o tema Partículas Elementares a partir do Large Hadron Collider (LHC), você usaria este material?

Com exceção do professor 2 que relatou não conhecer o LHC e do professor 1 que não respondeu, todos os outros professores responderam afirmativamente.

É interessante, se comparado com a questão 1, que agora todos os professores que responderam trabalhariam com um tema de Física Moderna no ensino médio se recebessem material de apoio. Isso revela, apesar da aparência contraditória, que todos trabalhariam com Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. A produção de materiais didáticos de apoio é um dos fatores que podem contribuir muito para que temas atuais sejam inseridos no currículo de Física.

1.1.2. Considerações sobre a inserção de FMC no ensino médio

Entender quais conhecimentos são considerados válidos pela nossa sociedade, para formação do cidadão que desejamos, não é tarefa simples. Mas, na busca por uma resposta, podemos verificar quando recorremos a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei 9394/96), aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e as Diretrizes

Nacionais Para o Ensino Médio (Parecer 15/1998), que todos apontam para a formação de um jovem capaz de atuar, participar e ter vivência crítica sobre o mundo em que vive, sendo preparado para o mundo do trabalho, dominando princípios científicos que norteiam a produção moderna. E isso nos dá uma direção na pesquisa para subsidiar a construção do currículo de Física.

No cenário descrito pelos documentos oficiais, discutir a inserção de FMC no currículo de física da escola média nos parece fundamental. Pois um jovem não deve ser capaz de entender e participar desse mundo, numa perspectiva crítica, sem conhecer a contribuição da Física para a ciência e para a construção do mundo moderno.

O PCN (pág. 61) indica ser vasto o conhecimento de Física, acumulado ao longo da história da humanidade, não pode estar todo presente na escola média. Será necessário sempre fazer escolhas em relação ao que é mais importante ou fundamental, estabelecendo para isso referências apropriadas.

Não propomos aqui um curso de Física Moderna para a escola média, da mesma forma como acontece no curso superior, já que o aluno não possui maturidade nem conhecimento matemático para tal desempenho. A proposta é que temas atuais sejam discutidos a nível conceitual e quando possível, tratados matematicamente com as devidas adequações ao nível de conhecimento matemático dos alunos.

Também não propomos que conteúdos de Física Clássica sejam retirados do currículo, o que seria um grande absurdo. A discussão gira em torno de como podemos adequar o currículo de Física, de forma que possamos priorizar o que seja mais adequado para o ensino médio. Buscando quais conhecimentos são considerados válidos para a atual sociedade e priorizando-os.

Acreditamos que assim, com um currículo mais atual, a escola possa desempenhar melhor seu papel na formação de jovens, incentivando a carreira científica, e formando um jovem com visão mais ampla acerca de sua realidade. Oferecer um ensino de Física provido sentido, que não seja um conjunto de operações matemáticas desconexas que ele aprende a formalizar com o objetivo de passar de ano, é um desafio que temos que enfrentar.

Trazer para escola o que acontece de moderno no mundo é uma tarefa complexa, mas apesar dos obstáculos, deveria ser encarada por todos os envolvidos no ensino: professores, pesquisadores, diretores, secretarias de educação e seus respectivos governantes, como oportunidade única para mudar o rumo do ensino de ciências (e do ensino em geral) em nosso país.

Sabemos também que essa renovação depende de uma série de fatores, como materiais adequados, formação acadêmica do professor e sua própria formação continuada, políticas que permitam a valorização do professor dando condições de trabalho para que o currículo e a própria metodologia em sala de aula sejam constantemente repensadas. Mas apesar das diversidades, notamos que essa renovação faz parte do discurso do professor.

Quando ouvimos a opinião dos professores é fácil notar divergências entre as opiniões, mas grande parte já olha e entende como necessária a atualização do currículo em Física. Tanto que alguns professores já discutem esses temas com seus alunos.

Entre as dificuldades apontadas pelos professores, algumas são apenas por falta de “intimidade” em se trabalhar com temas mais atuais, como reflete a frase comum no discurso: a falta de base matemática do aluno. É possível tratar problemas da Física

Moderna com ferramenta matemática tão “simples” como a utilizada na Física Clássica, ou mesmo tratá-lo apenas a nível conceitual.

O tempo de aula é um fator que realmente pesa no cumprimento do currículo de Física Clássica, surge então o questionamento: onde vamos encaixar a Física Moderna e Contemporânea? É nesse momento que nos cabe pensar e decidir sobre o que devemos priorizar no currículo.

Outra dificuldade importante é a falta de material sobre novos temas e a falta de discussão (com o professor) sobre novas metodologias no ensino de Física, mas temos nesse momento um crescimento considerável dos cursos de pós-graduação em Ensino de Ciências, o que deve contribuir para que materiais de apoio e novas propostas metodológicas surjam cooperando com a melhoria do ensino de ciências no país.

Apesar dos contratempos a maior parte dos professores trabalharia com o tema Partículas Elementares se recebesse um material de apoio. Isso parece indicar que a possibilidade de inserir novos temas de Física no currículo seja extremamente viável, como dito pela maior parte dos professores entrevistados.

Os resultados obtidos indicam que temos por parte dos professores um cenário favorável para mudanças no currículo sejam efetuadas. É claro que isso será resultado de muita pesquisa e esforço de todos aqueles participam de nossa educação. Essa renovação no currículo de Física nos parece fundamental para que tenhamos um ensino de Física de qualidade que agregue ao aluno informações que façam diferença para sua vida na sociedade, permitindo ao aluno ser um cidadão mais capaz para entender e lidar com os problemas do mundo atual.

1.2. Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e História e Filosofia da Ciência (HFC)

Nesse capítulo trataremos uma discussão sobre CTS e HFC, no objetivo de conseguir um aporte teórico que sustente o principal objetivo dessa dissertação: o ensino de Partículas Elementares no Ensino Médio, utilizando como tema gerador o LHC. Entre as propostas que vem ganhando espaço nas discussões e pesquisas no ensino de ciências estão as abordagens CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e HFC (História e Filosofia da Ciência). Vejamos o que diz Mathews (1995) sobre essas propostas:

[...] paulatinamente, se reconhece que a história, a filosofia e a sociologia da ciência contribuem para uma compreensão maior, mais rica e mais abrangente das questões neles formuladas. Os tão difundidos programas de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), tanto nas escolas como nas universidades, representam uma abertura importantíssima para as contribuições histórico-filosóficas para o ensino de ciências (pág. 165-166).

As propostas CTS e HFC quando articuladas entre si parecem atender bem a proposta do PCNEM +. Os parâmetros definem que as disciplinas dessa área (Ciências da Natureza e Matemática) compõem a cultura científica e tecnológica que, como toda cultura humana, é resultado e instrumento da evolução social e econômica, na atualidade e ao longo da história (BRASIL, 2002, p. 23). Em termos gerais, a contextualização no ensino de ciências abarca competências de inserção da ciência e de suas tecnologias em um processo histórico, social e cultural, e o reconhecimento e discussão de aspectos práticos e éticos da ciência no mundo contemporâneo (BRASIL, 2002, p.31) Conferindo ao aluno formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem, ou seja, um cidadão crítico capaz de atuar de forma a contribuir com a melhoria do mundo a sua volta.

1.2.1. Ciência, Tecnologia e Sociedade

A ciência e a tecnologia têm papel central no desenvolvimento econômico e social do mundo atual. Segundo Krasilchik (2000) na medida em que a Ciência e a Tecnologia foram reconhecidas como essenciais no desenvolvimento econômico, cultural e social, o ensino das Ciências em todos os níveis foi também crescendo de importância.

O movimento CTS nasce em meados da década de 1960, na Europa e nos Estados Unidos como uma crítica a Ciência e a Tecnologia, que não conseguiram “resolver” os problemas da sociedade. É importante notar que o movimento CTS se inicia num contexto pós-segunda guerra, corrida espacial, guerra fria. Krasilchik (2000) afirma que um período marcante e crucial para o ensino de ciências ocorreu nos anos 60, na guerra fria, quando os Estados Unidos fizeram investimentos sem paralelo na história, com projetos de ciência para o ensino médio. Além disso, a publicação das obras *A estrutura das revoluções científicas*, pelo físico e historiador da ciência Thomas Kuhn, e *Silent spring*, pela bióloga naturalista Rachel Carsons, ambas em 1962, potencializaram as discussões sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS) (AULLER e BAZZO, 2001).

Segundo Auler (2003) um dos mitos sobre a ciência e tecnologia é que elas necessariamente conduzem ao progresso e são sempre criadas para solucionar problemas da humanidade, de modo a tornar a vida mais fácil. Essa visão é questionada pelo movimento CTS, implicando em novas formas de pensar a Ciência e a Tecnologia, a partir do diálogo com a sociedade, visando a melhoria da qualidade de vida da população e a preservação do planeta e da vida.

Entre as décadas de 60 e 80, na medida em que os problemas sociais foram aumentando, outros valores foram incorporadas às ciências, como crises ambientais, crise energética, entre outros (Krasilchik, 2000). Essas implicações sociais e econômicas tiveram influencia direta sobre o currículo de ciências.

Além disso, a ciência e a tecnologia têm interferido no ambiente e suas aplicações têm sido objeto de muitos debates éticos, o que torna inconcebível a idéia de uma ciência pela ciência, sem consideração de seus efeitos e aplicações (SANTOS E MORTIMER, 2002).

Para Von Linsingen (2004) os estudos e programas CTS seguiram três grandes direções:

1. No campo da pesquisa, como alternativa a reflexão acadêmica tradicional sobre a ciência e a tecnologia, promovendo uma nova visão não-essencialista e socialmente contextualizada da atividade científica;

2. No campo das políticas públicas, defendendo a regulação social da ciência e da tecnologia, promovendo a criação de mecanismos democráticos facilitadores da abertura de processos de tomada de decisão sobre questões políticas, científicas e tecnológicas;

3. No campo da educação, promovendo a introdução de programas e disciplinas CTS no ensino médio e universitário, referidos a nova imagem da ciência e da tecnologia, que já estende por diversos países (Europa e na América Latina e nos EUA).

Mantendo nosso olhar sob a terceira direção. Entendendo o CTS como uma proposta que estabelece uma relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, considerando nessa relação aspectos éticos, econômicos, políticos, ambientais entre outros. Entramos

numa outra dimensão do conhecimento, já que currículo e ensino ganham novo sentido, integrador e multidisciplinar, face as grandes interfaces existentes nessa tríade.

Solomon (1993, p. 19), com objetivo de tornar mais claro o que é o ensino CTS, aponta algumas características especiais CTS que incluem educação científica:

- Um entendimento das ameaças ao meio ambiente, incluindo os globais, para a qualidade de vida.
- Aspectos econômicos e industriais da tecnologia.
- Algum entendimento sobre a natureza falível da ciência
- Discussões de opiniões pessoais e valores, para uma boa ação democrática.
- Uma dimensão multicultural.

As considerações acima parecem convergir bem para a proposta de ensino que encontrados nos PCN+ quando se refere a Ciência e Tecnologia na atualidade na área de ciências indicam a necessidade de se reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social (BRASIL, 2002, p. 69).

A abordagem CTS em lugar de destaque nas propostas atuais de ensino de Ciências, já que atendem a exigências diferentes do ensino tradicional, levando alunos a construir o seu conhecimento mediante uma integração harmônica entre conteúdos específicos e os processos de produção desse mesmo conteúdo (Vannucchi, 2004). Nessa perspectiva, Auler (2003) entende que a educação em Ciências / Física deve, também, propiciar a compreensão do entorno da atividade científico-tecnológica, potencializando a participação de mais segmentos da sociedade civil, não apenas na avaliação dos impactos pós-produção,

mas, principalmente, na definição de parâmetros em relação ao desenvolvimento científico-tecnológico.

A busca por uma nova imagem da ciência, mais realista e menos dogmática, que interage constantemente com tecnologia e sociedade, é uma dos motivos da pesquisa em educação no campo CTS, seja no ensino básico ou superior. Um dos objetivos é formar um aluno capaz de entender a relação ciência e tecnologia frente à sociedade, formando um jovem crítico capaz de se posicionar diante dos questionamentos da vida moderna.

Uma das características da abordagem CTS é a análise crítica e problematizadora que se espera na formação dos educando. Freire (2003b, p. 70) é um dos que advogam a favor de uma educação problematizadora de caráter autenticamente reflexivo, num constante ato de desvelamento da realidade, que resulte sua inserção crítica na realidade.

Outra característica importante do ensino CTS é que discussões ocorrem a partir de um tema central ou tema gerador, sendo esse um tema de fundamental importância para a proposta que leve favoreça o diálogo entre professor e aluno. Freire (2003b, p. 96) propõe o ensino através de um tema gerador, ele sugere o esforço de propor aos indivíduos dimensões significativas de sua realidade, cuja análise crítica lhes possibilite reconhecer a interação entre as partes. Freire (2003b, p. 94) também sugere ainda temas geradores abordem conteúdos do mais geral para o particular.

Nesse sentido também não podemos deixar de ressaltar a importância de que o ensino seja realizado com disponibilidade para que diálogos aconteçam. O diálogo como uma dimensão importante para o ensino, através dele a distância entre professores e alunos pode diminuir, com vistas à mudança de mundo, jamais a sua imobilização (FREIRE, 2003a, p 135-138).

Segundo Freire (2003a, p. 31) ensinar exige uma postura crítica, que não se limite da ingenuidade à curiosidade, mas que da curiosidade passe para a criticidade, levando o aluno a curiosidade epistemológica, crítica, insatisfeita e indócil. O professor precisa ter clareza em sua prática, a memorização do objeto de aprendizado não é aprendizado do objeto, neste caso o aluno se torna apenas um *paciente* para transferência do objeto ou do conteúdo do que como sujeito crítico e epistemologicamente curioso Freire (2003a, p. 37-38). Vejamos o que diz Freire sobre o aprendizado:

[...] Mulheres e homens, somos os únicos seres que, social e historicamente, nos tornamos capazes de *apreender*. Por isso somos os únicos em que aprender é uma aventura criadora, algo, por isso mesmo, muito mais rico que meramente repetir a *lição dada*. Aprender para nós é *construir*, reconstruir, *constatar para mudar*, o que não se faz sem abertura ao risco e à aventura do espírito,

É claro que esta percepção da educação e do próprio processo ensino-aprendizagem nos leva a uma série de reflexões sobre a atual escola e sua prática pedagógica. Além disso, uma educação puramente CTS requer uma renovação na educação, tanto em conteúdos curriculares, como em metodologias e práticas pedagógicas. Aikenhead (1994) afirma que em currículo existem várias importâncias conferidas a um programa CTS, ele divide o ensino CTS em 8 categorias (ilustradas com exemplos de materiais didáticos publicados para escolas) de 1 a 8, numa escala crescente de importância, quanto mais próximo de 8, maior é o teor de CTS. As categorias são as seguintes:

Categoria 1. Motivação por conteúdo CTS.

Ciência da escola tradicional, além de uma menção de conteúdo CTS a fim de fazer uma aula mais interessante. (O baixo status dado ao conteúdo CTS explica que esta categoria não é normalmente levada a sério como instrução CTS). Os alunos não são

avaliados quanto ao conteúdo CTS, um exemplo é o que muitos professores estão fazendo para incrementar o conteúdo da ciência pura.

Categoria 2. Introdução casual de conteúdo CTS.

Ciência da escola tradicional, além de um estudo de curta duração (cerca de 1 / 2 a 2 horas de duração) do conteúdo CTS anexado para o tema da ciência. O teor de CTS não segue temas coesos.

Os alunos são avaliados principalmente sobre o conteúdo da ciência pura e, geralmente, apenas superficialmente (como o trabalho de memória) sobre o conteúdo CTS (por exemplo, 5 STS%, 95% de ciência). São exemplos: *Science and Technology in Society* SATIS (U.K.: Association for Science Education), *Consumer Science* (U.S.A.: Burgess), *Values in School Science* (U.S.A.: R. Brinckerhoff, Phillips Exeter Academy, Exeter, New Hampshire).

Categoria 3. Introdução intencional de conteúdos CTS.

Conteúdos de ciências da escola tradicional, além de uma série de estudos CTS de curta duração (cerca de 1 / 2 a 2 horas de duração) integrados em temas de ciência, a fim de explorar sistematicamente o conteúdo CTS. Este conteúdo formando temas coesos.

Os alunos são avaliados, em certa medida a sua compreensão do conteúdo CTS (por exemplo, 10% CTS, ciências 90%). São exemplos: *Harvard Project Physics* (U.S.A.: Holt, Rhinehart and Winston), *Science and Social Issues* (U.S.A.: Walch), *Science and Societal Issues* (U.S.A.: Iowa State University), *Nelson Chemistry* (Canada: Nelson), *Interactive Teaching Units for Chemistry* (U.K.: Newcastle Polytechnic), *Science, Technology and Society, Block J* (U.S.A.: New York State Education). Three SATIS 16-19 modules (*What*

is Science? What is Technology? How Does Society Decide? U.K.: Association for Science Education.)

Categoria 4. Disciplina específica (ciências) através do conteúdo CTS

O conteúdo CTS serve como um organizador dos conteúdos de ciência e sua seqüência. O conteúdo da ciência é selecionado de uma disciplina científica. Uma lista de tópicos de ciência pura aparência muito semelhante à categoria 3, um curso de ciências, embora a seqüência seria completamente diferente.

Os alunos são avaliados em sua compreensão do conteúdo STS, mas não tão amplamente como eles são sobre o conteúdo da ciência pura (por exemplo, STS 20%, 80% de ciência). São exemplos: *ChemCom* (U.S.A.: American Chemical Society), the Dutch physics modules such as *Light Sources* and *Ionizing Radiation* (Netherlands: PLON, University of Utrecht, Physics Dept.), *Science and Society Teaching Units* (Canada, Toronto: Ontario Institute for Studies in Education), *Chemical Education for Public Understanding* (U.S.A.: Addison-Wesley), Science Teachers' Association of Victoria Physics Series (Parkville, Australia: STAV Publishing).

Categoria 5. Ciência através do conteúdo CTS

O conteúdo CTS serve como um organizador dos conteúdos de ciência e sua seqüência. O conteúdo da ciência é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo CTS. Uma lista de tópicos de ciência pura se parece com uma seleção de temas importantes da ciência de uma variedade de cursos de ciências da escola tradicional.

Os alunos são avaliados em sua compreensão do conteúdo CTS, mas não tão amplamente como eles são sobre o conteúdo da ciência pura (por exemplo, STS 30%, 70% de ciência). São exemplos: *Logical Reasoning in Science and Technology* (Toronto: Wiley

of Canada), *Modular STS* (U.S.A.: Wausau, Wisconsin), *Global Science* (U.S.A.: Kendall/Hunt), the Dutch Environmental Project (Netherlands: NME-VO, University of Utrecht, Physics Dept.), *Salters' Science* Project (U.K., Heslington: University of York, Dept. of Chemistry.)

Categoria 6. Ciência junto com o conteúdo CTS

O conteúdo CTS conteúdo é o foco de instrução. O conteúdo de ciência é relevante e enriquece a aprendizagem.

Os alunos são avaliados igualmente no conteúdo CTS e nos conteúdos de ciência pura. São exemplos: *Exploring the Nature of Science* (London: Blackie & Son), Society Environment and Energy Development Studies (SEEDS) modules (U.S.A.: Science Research Associates), *Science and Technology 11* (Canada, Victoria: BC Ministry of Education).

Categoria 7. Introdução de ciência a partir de conteúdo CTS

O conteúdo CTS é o foco de instrução. O teor relevante de ciência é mencionado, mas não sistematicamente ensinado. A ênfase deve ser dada ao largo princípios científicos. (As matérias classificadas na categoria 7 podem ser introduzidas a partir de um curso padrão de escola de ciência, produzindo um curso de ciência da categoria 3 STS).

Os alunos são avaliados principalmente sobre o conteúdo CTS, e apenas parcialmente sobre os conteúdos da ciência pura (por exemplo, 80% STS, ciências 20%). São exemplos: *Science in a Social Context (SISCON) in the Schools* (U.K.: Association for Science Education), *Modular Courses in Technology* (U.K.: Schools Council), *Science: A Way of Knowing* (Canada: University of Saskatchewan, Department of Curriculum Studies), *Science, Technology and Society* (Australia: Jacaranda Press), *Creative Role*

Playing Exercises in Science and Technology (U.S.A.: Social Science Education Consortium), *Issues for Today* (Canada: GLC Silver Burdett), *Interactions in Science and Society* -- a video series (U.S.A.: Agency for Instructional Technology), *Perspectives in Science* -- a video series (Canada: National Film Board of Canada).

Categoria 8. Conteúdo CTS.

A tecnologia ou questão social é a matéria principal a ser estudada. Conteúdo da ciência é mencionado, mas apenas para indicar uma ligação existente para a ciência. (As matérias classificadas na categoria 8 podem ser inseridas através de um curso padrão de escola de ciência, produzindo um curso de ciência da categoria 3 STS).

Os alunos não são avaliados sobre o conteúdo da ciência pura em qualquer grau apreciável. São exemplos: *Science and Society* (U.K.: Association for Science Education), *Innovations: The Social Consequences of Science and Technology* program (U.S.A.: BSCS), *Preparing for Tomorrow's World* (U.S.A.: Sopris West Inc.), *Values and Biology* (U.S.A.: Walch), and in general, technology design courses and social studies modules.

Enquadramos nosso trabalho na categoria 4, conforme quadro acima. O tema gerador escolhido: o Large Hadron Collider (LHC), é utilizado neste trabalho para problematizar um assunto do currículo formal de Física: Partículas Elementares, sendo incorporado ao conteúdo programático. Essa é uma opção particular, já que entendemos que poderíamos enquadrar esse trabalho na categoria 7, em que estudaríamos o tema gerador, e a partir dele dar-se-ia ênfase aos conteúdos de Física vinculados ao próprio tema gerador.

O motivo de tal classificação é que neste trabalho o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) é apenas um despertar inicial no aluno, com o intuito de que ele possa

vir a assumir essa postura questionadora e crítica num futuro próximo (PINHEIRO, SILVEIRA e BAZZO (2007, p. 71) [Grifo nosso].

Santos e Mortimer (2002) apresentam a seguinte concepção para o currículo em CTS:

(i) *ciência* como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos, e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais;

(ii) *sociedade* que busca desenvolver, no público em geral e também nos cientistas, uma visão operacional sofisticada de como são tomadas decisões sobre problemas sociais relacionados à ciência e tecnologia;

(iii) *aluno* como alguém que seja preparado para tomar decisões inteligentes e que compreenda a base científica da tecnologia e a base prática das decisões;

(iv) *e professor* como aquele que desenvolve o conhecimento e o comprometimento com as inter-relações complexas entre ciência, tecnologia e decisões.

É pensando nessa estrutura curricular que propomos este trabalho, onde o ensino funcione de forma integrada a realidade que cerca o aluno. Podemos notar aqui, a importância do enfoque em História e Filosofia da Ciência para esse tipo de currículo, uma vez que seria impossível trabalhar de forma integrada sem um contexto histórico.

Vejamos o que diz o PCNEM + [1] sobre seleção dos conteúdos a serem trabalhados no ensino médio:

[...] na maior parte das vezes, restringem-se ao conhecimento e à estrutura da Física, sem levar em conta o sentido mais amplo da formação desejada. E esse sentido emerge na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir.

[...] Apresentando-se portanto como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante e do mundo material microscópico, a partir de princípios, leis e modelos por elas construídos.

Acreditamos que o texto acima reflete bem o objetivo da discussão realizada neste trabalho. Encarar a ciência como um produto acabado confere ao conhecimento científico uma falsa simplicidade que se revela cada vez mais como uma barreira a qualquer construção, uma vez que contribui para a formação de uma atitude ingênua frente à ciência (Castro e Carvalho, 1992). A superação de uma percepção ingênua e mágica da realidade exige, cada vez mais, uma compreensão dos sutis e delicados processos de interação entre CTS (AULER E DELIZOICOV, 2001).

Segundo Aikenhead (1994) a educação CTS visa à formação de futuros cientistas e engenheiros para participar cada vez de uma sociedade moldada pela investigação e desenvolvimento da ciência e da tecnologia. É nesse espírito, inspirados por uma educação problematizadora, que vincule conteúdos de física à ciência, a tecnologia e a sociedade, que propomos nesse trabalho um tema gerador para contextualizar e problematizar o ensino, trazendo-o para a realidade do aluno.

1.2.2. História e Filosofia da Ciência

O objetivo de trazer a discussão histórica e filosófica para este trabalho é dar significado ao que se ensina aos alunos nas aulas de ciências (Física), permitindo ao aluno um entendimento mais amplo do desenvolvimento da ciência em seu contexto histórico-social, onde ele entenda como “nascem” os modelos e nosso conhecimento. Essa

abordagem tem sido amplamente discutida (Castro e Carvalho, 1992; Mathews, 1995; Martins, 2007; Martins 2006) e nos parece essencial para um melhor entendimento da ciência e de seu método.

Acreditamos que o tema proposto (Partículas Elementares) pede para ser abordado numa perspectiva histórico-filosófica. Dois motivos nos levam a essa conclusão:

(1) Grande parte dos modelos para partículas foi prevista na teoria, e só depois comprovada experimentalmente. Ou seja, em grande parte as hipóteses sobre partículas nascem primeiramente do pensamento filosófico, e só depois são comprovados experimentalmente. Vale lembrar que a idéia atômica surgiu com os atomistas na Grécia Antiga (Marcondes, 2006)

(2) Quando a ciência encontra uma resposta sobre as Partículas, sempre surgem outras perguntas, e assim esse conhecimento se desenvolve, mostrando que o conhecimento científico é verdadeiro, porém sempre provisório. Muitas hipóteses são comprovadas muitos anos depois de terem sido propostas, situar esse conhecimento numa perspectiva histórico-filosófica é essencial na compreensão da origem e do desenvolvimento do conhecimento sobre o nosso universo, do mundo sub atômico (micro cosmos) ao macro cosmos;

A construção histórica desse conhecimento pode auxiliar muito na compreensão que o aluno tem ciência e do seu método. Desmistificando visões distorcidas sobre a ciência, entendendo o que é um modelo e como ele descreve “corretamente” a natureza, tendo consciência que o conhecimento que se tem atualmente não é o último ou o melhor, mas que novos modelos mais completos sempre surgem para explicar uma quantidade maior de fenômenos, permitindo uma visão mais completa da que se tinha anteriormente.

Outro fato importante para a escolha a abordagem histórico-filosófica é a escolha pela abordagem CTS, já que para entender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade temos que considerar fatos históricos, que auxiliam na compreensão do contexto na qual a ciência se desenvolveu. Além disso, o desenvolvimento do nosso conhecimento sobre partículas tem mudado nossa forma de viver, e poucas pessoas têm noção disso.

O enfoque HFC permite ao aluno uma visão mais crítica da ciência. Não é tão incomum ouvirmos em sala de aula a seguinte pergunta, por parte de alunos: “Gostaria de saber quem é que inventou a Física? Porque se ele não tivesse inventado eu não teria que estudar...”. O questionamento reflete bem a maneira como o aluno vê a Física e como ela está desassociada de sua realidade.

A interdisciplinaridade, na abordagem proposta para esse trabalho, permite que o aluno entenda a ciência como uma construção humana. Visão compartilhada por José Leite Lopes (1994, p. 12) quando se refere ao processo de evolução do pensamento humano, diz que o problema do conhecimento é fundamental, e é onde se dá a ligação da filosofia com a física, porque a Física de hoje entra de cheio no processo de aquisição do conhecimento das coisas. Na seqüência ele sugere a jovens que leiam outras coisas (além de sua pesquisa em Física): Filosofia, História, Sociologia porque a aventura humana é uma beleza, e se você está fazendo uma só coisa, perde várias dimensões.

O uso da abordagem em História e Filosofia da Ciência no ensino de Física é justificada no próprio PCN (pág. 27):

[...] Como podemos justificar através do próprio PCN (pág. 27) quando se refere aos objetivos educacionais, considerando que estes são especialmente atingidos ao apresentar as ciências e técnicas como construções históricas, com participação permanente no desenvolvimento social, econômico e cultural. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da

história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado (PCN, pág. 59)

É importante notar como essa abordagem pode auxiliar na compreensão da ciência, preenchendo lacunas existentes entre o aluno e a física, proporcionando ao estudante uma compreensão crítica da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. A reivindicação da implantação desses aspectos nos currículos de ciências tem sido uma das preocupações de alguns pesquisadores dessa área e se intensifica ainda mais, tendo em vista a orientação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (KÖHNLEIN e PEDUZZI, 2005).

Mas além de contribuir com a aprendizagem, o aluno pode constatar como os modelos em ciência são modificados e adaptados a novos dados (experimentais ou teóricos), descobertas e progressos de outros ramos do saber, como os aspectos sociais, econômicos e políticos, e até a crença pessoal, a persistência e a criatividade interferem na construção e aceitação desses modelos (SEQUEIRA e LEITE, 1988). Para alcançar essa compreensão dos fatos, talvez não haja conteúdo melhor que Física de Partículas e de seus modelos.

No entanto, corremos um risco, ao ensinarmos Física para não cientistas há sempre o risco de apresentarmos uma Ciência “água com açúcar”, que evita os aspectos difíceis – como medidas, equações, argumentos complexos e outros (SILVA e MARTINS, 2003). Entendemos que não é tarefa fácil ensinar numa abordagem histórica e filosófica, por isso a necessidade de pesquisa. Esse é um desafio para este trabalho, já que as equações utilizadas na física de partículas não cabem ao ensino médio. Privilegiaremos neste trabalho (produto final) o caráter conceitual e quando possível mostraremos algumas

equações, com objetivo de entender conceitos físicos, já que a relação entre a Física e a Matemática é profundamente estreita. Isso não significa que a visão da ciência seja superficial, pelo contrário, aprender conceitos em física é fundamental para o entendimento do mundo físico.

Espera-se com isso trazer à ciência para nosso mundo, mostrar como surgem as idéias, e que descobertas científicas são um processo de construção social, que envolvem vários cientistas, interesses políticos, econômicos e sociais. Espera-se com isso contribuir para que uma visão mais realista da ciência, não como algo divino que surge na mente brilhante de alguns poucos inventores de teorias e descobridores de “verdades”, mas como algo construído por uma coletividade.

São várias as questões que podemos responder utilizando a História das Ciências: De que modo as teorias e conceitos se desenvolvem? Como os cientistas trabalham? Quais idéias que aceitamos hoje em dia e que não eram aceitas no passado? Quais as relações entre ciência, filosofia e religião? Qual a relação entre o desenvolvimento e o pensamento científico da época? (MARTINS, 2006, p.17). Buscar essas respostas pode contribuir para um ensino de ciências mais próximo da realidade, fazendo com que o aluno perceba que a ciência tem sua história e não existe somente na mente dos grandes gênios.

O papel da escola média deve ser, então, o de desmistificar a visão positiva do conhecimento enquanto fim em si mesmo. Não para substituí-la por uma visão negativa, mas para problematizar todo e qualquer conhecimento (GUERRA, 1998).

Para Kuhn (2005) se a História fosse vista como um repositório para algo mais que anedotas e cronologias, poderia produzir uma transformação decisiva na imagem da

ciência que atualmente nos domina. Vejamos o que diz Neves (1992) sobre o ensino de ciência:

[...] Uma ciência caduca, desmemoriada de sua história (aquela memória que conduz à imaginação pela contextualização precisa das descobertas e das fontes originais do conhecimento), constrói, ao longo de seu ensino na escola, um paradoxal macro micro-mundo de passividade. Horizontes de inclusão do conhecimento são velados e atirados para um mundo anterior à reflexão. Nesse velar, que restringe o acesso ao universo das possibilidades, constrói-se um campo infinito de necessidades que cobram do ser um aniquilamento das idéias pela aceitação sem processamento destas.

Nesse sentido acreditamos que o enfoque História e Filosofia da Ciência (HFC) permite ao aluno uma visão mais crítica da ciência, entendendo o contexto do surgimento das descobertas, dando “vida” aquilo que ele aprende na escola. Castro (1992) acredita ser a informação histórica geradora de mecanismos desinibidores que propiciam o evidenciamento de lacunas exatamente por encaminhar o raciocínio de uma maneira mais próxima da forma de pensar do aluno, de seu agir cotidiano, levando em conta causas, motivos, coerências e incongruências em suas conclusões e nas dos outros.

O fato de professores apresentarem os conteúdos “prontos” para os alunos passa uma idéia falsa, a de que a ciência algo atemporal, que não pertence ao mundo dos homens comuns. Não que isso seja culpa dos professores, mas da própria formação que nos é oferecida nas universidades, Neves (1998) retrata bem esse quadro que escreve sobre a educação científica:

[...] nas escolas de todos os graus, inclusive e, talvez, principalmente, naquelas formadoras de pesquisadores, é aplicada uma “metodologia” bastante eficaz para uma ciência pós-copernicana, dogmática em sua pseudo-essência: um esquecimento completo das origens da ciência, de sua história, de suas inúmeras possibilidades, de seus erros e de suas contingências.

Nesse cenário do ensino de ciências, perde-se a noção da revolução científica, que segundo Kuhn (pág. 25, 147) são mudanças de paradigmas, que quando mudam, mudam o com eles o próprio mundo. Como aconteceu com Copérnico, Newton, Lavoisier, Maxwell, Einstein entre outros.

No atual ensino perdemos também a nossa capacidade de Filosofar. Segundo Giles (1983, pág. 3) o ato de filosofar alimenta-se da perplexidade, característica primordial do homem que se defronta com uma realidade que ele não consegue compreender de imediato. **Platão** e **Aristóteles** chamam essa atitude de *espanto*, de *perplexidade*.

O fato de não discutirmos a forma como o conhecimento foi construído, contribui para um ensino que valoriza somente as respostas, quando o que move a ciência e o mundo são as perguntas. Nesse sentido, trazer a filosofia da ciência para o ensino de Física nos parece muito importante para construção de um aluno criativo capaz de produzir boas argumentações.

A argumentação tem um papel decisivo na ciência e no entendimento da mesma. Segundo Morin (2001) a filosofia deveria ter, como um de seus pontos capitais, a reflexão sobre o conhecimento científico e não científico, e sobre o papel da tecnociência, maximizado em nossas sociedades.

De acordo com Castro (1992) a idéia de que a abordagem histórica pode ser útil e rica permeia as diversas concepções de ensino e as considerações dos mais diversos professores. Diante da atual crise da ciência, Matthews (1995) considera que o enfoque HFC possui algumas respostas para a crise: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade, tornando as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas.

Sabemos que apesar de muitos defenderem a importância da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de ciências, existem muitas dificuldades para que essa implementação ocorra. Martins (2006, p. 23) aponta três principais barreiras:

- (1) A carência de número de professores de formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências;
- (2) a falta de material didático adequado (textos sobre a história da ciência) que possa ser utilizado no ensino;
- (3) equívocos a respeito da própria natureza da história da ciência e seu uso na educação.

Entendemos que apesar das dificuldades, a História e Filosofia da Ciência (HFC) podem contribuir muito com a compreensão que o aluno tem da ciência. Cabe então que providências sejam tomadas para preencher essas lacunas, e de certa forma isso já vê acontecendo, mas não é objetivo desse trabalho discutir quais ações podem preencher essas lacunas. Esse trabalho tem por objetivo colaborar com a abordagem em História e Filosofia da Ciência (HFC) nas aulas de física, apresentando como produto final a construção de material didático adequado para o ensino em HFC.

Consideramos Partículas Elementares um tema singular que oferece resposta para perguntas bem antigas, o viés histórico e filosófico pode ser visto com mais clareza que em outras áreas da física, sendo uma grande oportunidade para que o aluno possa entender a ciência e seu método, entendendo que a ciência é obra do homem, e que ele faz parte da construção desse processo de descobrimento.

1.2.3. Considerações sobre os enfoques CTS e HFC

Apesar dos esforços, principalmente de quem orienta o currículo, em contextualizar o ensino, sabemos que atualmente há muito pouco de realizado. Nas aulas de física em nossas escolas, são poucas as relações feitas entre a física, a tecnologia, a sociedade e outras áreas do conhecimento. Entendemos que esse seja um ponto importante a ser considerado e discutido nas escolas, pois quando ensinamos ao aluno algo fora de contexto, sem um sentido, colaboramos para que aquele assunto não tenha um significado próprio, o que não leva o aluno a uma atitude crítica em relação ao mundo que vive. Além dos PCN's, talvez uma interessante e inicial perspectiva de mudança estejam na proposta do NOVO ENEM, onde a interdisciplinaridade e contextualização são a princípio valorizadas.

E ao contrário do que acontece em sala de aula, os conceitos em física nascem com um significado, dentro de um contexto, para explicar um determinado fenômeno, colaborando para visão que temos dele. Essa visão epistemológica e crítica a escola parece ter perdido no decorrer das últimas décadas, não há mais questionamentos, dúvidas ou filosofia. Não há relação do que se aprende com o que se vê no mundo a sua volta, uma pessoa é capaz de usar durante toda a vida um aparelho celular e nunca questionar como o incrível aparelho funciona, não se tem idéia da quantidade de conhecimento acumulada pela sociedade para que o notável aparelho fosse construído. Ou pior ainda, uma pessoa é capaz de assistir um programa de TV sem nenhuma perspectiva crítica do que é “vendido” a ela.

Na maior parte dos casos, o ensino parece uma receita de bolo que devemos decorar, o problema é que decoramos para nunca fazer o bolo, sentir seu cheiro ou seu sabor, simplesmente aprendemos a receita, ou melhor, decoramos, reproduzimos e esquecemos. Em sua grande parte, os envolvidos no processo educacional não sabem sequer por que devemos aprender ou ensinar essas receitas todos os dias, sem entender o porquê e o significado de onde e quando se pode utilizá-las, o ensino não faz qualquer sentido.

Por isso entendemos o ensino na abordagem CTS de extrema importância no atual cenário da educação no Brasil. Motivo que nos inspirou a trazê-lo para nosso trabalho. Entender a Física e sua relação com o nosso mundo é algo que não podemos perder. O aluno quando vai radiografar uma parte do corpo ou mesmo fazer uma tomografia, quando utiliza um celular ou vê uma televisão, quando anda em um automóvel ou num de avião, entre muitas outras coisas, deveria relacionar isso com grandes campos de estudos da física e de outras áreas da ciência que permitiram o desenvolvimento da nossa tecnologia (nos casos citados, a favor da sociedade)

Isso não é importante só para que ele conheça a física, mas é importante para que ele participe de sua sociedade ativamente, sendo capaz de perceber como as mudanças advindas da ciência e tecnologia influenciam nossa sociedade, sendo de fundamental importância na formação do cidadão, seja ele um futuro físico ou não. Um advogado pode tomar melhores decisões (ser mais ético) de acordo com o conhecimento que tem do mundo físico e de sua relação com a sociedade e ambiente. Da mesma forma que um médico, já que a medicina utiliza equipamentos cuja tecnologia advém das pesquisas em física. Um engenheiro tem como ferramenta básica a matemática e a física, e atualmente,

precisa levar em consideração em seus negócios aspectos ambientais e sociais. Poderíamos continuar falando da importância de um ensino mais abrangente em física e sua importância na formação de futuros profissionais, mas acreditamos que esses exemplos já sejam suficientes.

Outro aspecto importante é que vivemos num mundo onde a informação tem uma velocidade incrível, inimaginável há duas décadas e isso também requer um cuidado especial da escola, para que o aluno seja contemporâneo e inserido no seu tempo.

Na busca por um ensino que forme questionadores inseridos em seu tempo e aqui está um dos pontos importantes da nossa proposta, buscamos nossas referências teóricas em Paulo Freire, que nos inspira a um ensino problematizador, que a partir do diálogo seja capaz de formar cidadãos epistemologicamente críticos, capazes de interferir na sociedade em que estão inseridos. Uma das propostas de Freire é de que discussões aconteçam a partir de um tema gerador, que seja bem geral e parta daí, para temas mais particulares do ensino. Acreditamos que essa seja uma proposta que pode aproximar a ciência do mundo do aluno, sendo aplicável a qualquer conteúdo do currículo de física.

Nesse cenário CTS, buscando um olhar na visão de Paulo Freire, entendemos ser essencial que nas discussões propostas seja levado em consideração o caráter histórico-filosófico da ciência, sem o qual a ciência ganha um viés dogmático, que não deve e não pode ser criticado, seja em seu conhecimento ou em seu método. Quando a ciência é apresentada nessa forma, desprovida de sentido, não se tem a idéia de que o conhecimento acumulado pela ciência é uma construção coletiva, do homem, da sociedade.

Acreditamos que esse seja um fator decisivo para transformar a imagem que se tem de ciência aproximando-a das pessoas, desmistificando seu caráter positivista e a

infallibilidade de seu método. Permitindo as pessoas entender o que é um modelo na ciência e que ele nunca conta toda a “verdade”.

Além disso, a abordagem HFC no ensino é fundamental para formar cidadãos epistemologicamente críticos, que entendam as condições que nos levaram as atuais condições de vida e a importância de sua participação na nossa sociedade. Isso reflete a proposta CTS, já que ao invés de tratarmos os conteúdos como prontos para os alunos e entregarmos esse conteúdo em pacotes semanais, valoriza-se a interdisciplinaridade, a relação entre a ciência, a tecnologia e a sociedade numa perspectiva histórica e epistemológica.

Neste trabalho, trataremos como tema gerador o LHC, por vários os motivos que discutiremos a seguir, mas o motivo principal é sua atualidade e a abrangência de conteúdos que podemos tratar a partir dele, em especial o tema de nossa proposta: Partículas Elementares.

2. PARTÍCULAS ELEMENTARES NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM A PARTIR DO LHC.

Dois acontecimentos nos inspiraram a pensar nessa abordagem. Primeiramente, o grande número de perguntas sobre o LHC que alunos do ensino médio traziam para sala de aula, provavelmente, conseqüência do grande número de aparições do tema na mídia.

O LHC se tornou tão famoso que participou do filme *Anjos e Demônios* (2009), vejamos sinopse do filme:

[...] Em *Anjos e Demônios* Tom Hanks interpreta o acadêmico de Harvard Robert Langdon, que descobre provas do ressurgimento de uma antiga irmandade secreta chamada de Illuminati - a mais poderosa organização subterrânea na história.

Quando Langdon encontra provas de que a Illuminati teria roubado antimatéria de um laboratório secreto no CERN, que pretende utilizar como uma devastadora arma para destruir o Vaticano, ele e a cientista Vittoria Vetra do CERN começam uma corrida contra o tempo para recuperar a antimatéria e prevenir a catástrofe. Mas o que é a antimatéria? Que é real? É perigoso? O que é o CERN? (CERN, 2009) (tradução nossa)

É importante notar que o LHC é algo que aparece com freqüência para população, mas poucos são os que entendem sua finalidade e como o conhecimento advindo dessas pesquisas pode influenciar nossas vidas. Além disso, as pesquisas realizadas em aceleradores de partículas têm contribuído para o desenvolvimento de tecnologias que melhoram nossa vida, essa tecnologia faz parte de nosso cotidiano, mas são poucos os que têm essa noção.

O outro motivo que nos levou a pensar no LHC e em partículas elementares foi uma palestra do professor Dr. José Helayël Lopes Neto do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), sobre partículas, interações fundamentais e o LHC – a palestra ocorreu no

final do primeiro semestre de 2008, no Ciclo de Palestras sobre ensino de Ciências, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. Esta palestra foi uma excelente oportunidade para refletir sobre a importância do conhecimento em física de partículas e levar a proposta do LHC em diante.

Além disso, duas disciplinas cursadas no primeiro semestre do mestrado: Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e História e Filosofia da Ciência (HFC) foram muito importantes para juntar as peças na definição sobre o que desenvolver como pesquisa. A partir daí, começamos a elaborar o projeto para esse tema, que acreditamos ser de grande significância para nossos alunos do ensino médio, já que trazem uma visão da ciência como uma construção humana, aproximando a ciência da realidade do aluno, e, conseqüentemente, do próprio aluno.

2.1. O Large Hadron Collider como tema gerador.

O Large Hadron Collider (LHC) nos parece indicar algumas vantagens como tema gerador. Situado na Fronteira entre a França e a Suíça, o LHC pertence à European Organization for Nuclear Research (CERN), vamos citar algumas vantagens de tê-lo como tema gerador: acumula na sua construção uma quantidade enorme de conhecimento e desenvolvimento de pesquisa; é a maior obra da engenharia humana tendo 27 km de extensão em forma circular, situado a 100 m de profundidade; na sua construção e pesquisa participam pesquisadores de todo o mundo; conseqüências da pesquisa realizada no LHC podem mudar vários setores da vidas; o CERN tem transferido tecnologia para a sociedade

e essa tecnologia faz parte do nosso dia a dia; no LHC pesquisadores esperam encontrar o Bóson de Higgs.

A abrangência desse tema gerador nos permite levantar uma série de questões que envolvem aspectos da ciência e da tecnologia e sua relação com a sociedade, sendo assim acreditamos que o tema seja rico para um ensino problematizador, que contribua para formação de um cidadão crítico, capaz de entender a ciência como conhecimento histórico, desenvolvido por pessoas, com influência direta em nossas vidas.

Entendemos que o LHC nos dá múltiplas possibilidades de trabalho, permitindo com a abordagem metodológica CTS e HFC contribuir para um ensino mais eficaz e atual, que realmente atenda a necessidade de se formar um cidadão capaz de entender e participar do mundo em que vive, colaborando para a aprendizagem contínua e motivação do professor na busca de seu lugar, que deve ser o de um intelectual na sociedade.

Ao adotar o LHC como tema gerador, esperamos entender (numa linguagem adequada ao Ensino Médio):

- Como o LHC funciona.
- Que conteúdos de física podemos aprender estudando o LHC.
- O avanço tecnológico advindo da pesquisa que o envolve, seja oriundo de sua construção ou das pesquisas com colisão de Hádrons.
- As aplicações dessas novas tecnologias que surgem no acelerador, conseqüentemente, o impacto que o conhecimento advindo das pesquisas exercem em nossa sociedade.
- Quais são as conseqüências da pesquisa para a Física, e para o mundo das partículas elementares e suas interações.

Para entender as propostas feitas acima, consideramos essenciais os enfoques propostos CTS e HFC, já que o LHC é a maior obra de engenharia da humanidade e o conhecimento advindo de pesquisas no CERN tem influência direta na sociedade. Além disso, o enfoque HFC pode contribuir muito para entender o desenvolvimento do conhecimento em partículas elementares e do nosso universo.

Com o objetivo de entender melhor o LHC e analisar sua capacidade como tema gerador, traduzimos o texto abaixo do site do CERN, o texto fala um pouco do LHC e de algumas perguntas pretendemos responder com as pesquisas realizadas. A partir do texto faremos uma análise de alguns conteúdos que podem ser abordados no ensino médio, utilizando o LHC como tema gerador.

O LHC

O Large Hadron Collider (LHC) é um instrumento científico gigantesco perto Genebra, entre a fronteira entre a Suíça e a França cerca de 100 metros abaixo do solo. É um acelerador de partículas usado por físicos para estudar as menores partículas conhecidas - os alicerces fundamentais de todas as coisas. Ele vai revolucionar profundamente o nosso entendimento do mundo microscópico, de dentro átomos para a vastidão do Universo.

O LHC, o maior e mais poderoso acelerador partículas, o acelerador é a mais recente adição ao complexo do CERN. Ela consiste, principalmente, em um anel de 27 km, com ímãs supercondutores em número suficiente para acelerar estruturas, aumentando a energia das partículas ao longo do caminho.

Dois feixes de partículas subatômicas chamado "hádrons"- que levam prótons ou íons - vão viajar em sentidos opostos dentro do acelerador circular, ganhando energia em

cada volta. Físicos usarão o LHC para recriar as condições logo após o Big Bang, fazendo colidir de cabeça dois feixes sobre a alta-energia. As equipes de físicos de todo o mundo vão analisar as partículas criadas nas colisões utilizando detectores especiais em uma série de experimentos dedicados ao LHC.

Muitas teorias sobre que resultado teremos destas colisões, mas o que é certo, é que um admirável mundo novo da física vá surgir a partir do novo acelerador, um conhecimento em física de partículas que vai descrever o funcionamento do Universo. Durante décadas, o Modelo Padrão da física das partículas tem servido aos físicos como um meio de compreensão das leis fundamentais da natureza, mas ele não conta toda história. Apenas os dados experimentais, utilizando as maiores energias alcançadas pelo LHC, podem transmitir conhecimentos, desafiando aqueles que buscam a confirmação do conhecimento estabelecido, e aqueles que se atrevem a sonhar para além do paradigma (CERN, The Large Hadron Collider)

No interior do acelerador, dois feixes de partículas viajam perto da velocidade da luz com energias muito elevadas antes de colidir com um outro. Os feixes viajam em direções opostas, separados por tubos - dois tubos mantidos em ultravácuo. Eles são guiados ao redor do acelerador circular por um forte campo magnético, obtido através de eletroímãs supercondutores. Estes são construídos a partir de bobinas de cabos elétricos especiais que operam em um estado supercondutor, com uma eficiente condução elétrica, sem resistência e perdas de energia. Isto requer que os ímãs sejam refrigerados a cerca de $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$ (menor temperatura do universo!) Por esta razão, grande parte do acelerador é conectado a um sistema de distribuição de hélio líquido, que esfria a ímãs, e também, fornece outros serviços.

Milhares de ímãs de diferentes variedades e tamanhos, são utilizados para orientar os feixes em torno do acelerador. Estes incluem dipolo 1232 ímãs de 15 m de comprimento, que são utilizadas para curvar os feixes, e 392 quadrupolos magnéticos, cada 5-7 m de comprimento, para concentrar os feixes. Pouco antes de colisão, um outro tipo de ímã é usado para "aperto", aproximando as partículas e aumentando as chances de colisões. As partículas são tão pequenas que a tarefa de torná-las colidir assemelha-se a disparar agulhas de duas posições, distantes 10 km uma da outra, com tal precisão que se encontrem na preenchem metade do caminho.

Por que o LHC?

Algumas perguntas sem resposta ...

O LHC foi construído para ajudar cientistas a responder questões não resolvidas na física das partículas fundamentais. A energia sem precedentes que atinge, pode revelar alguns resultados inesperados, que ainda não tenham sido pensados!

Durante as últimas décadas, físicos têm sido capazes de descrever incríveis detalhes as partículas fundamentais que compõem o universo e as interações entre eles. Este entendimento é encapsulada no Modelo Padrão da física das partículas, mas contém lacunas e não pode nos contar a história toda. Para substituir o conhecimento que falta necessita-se de dados experimentais, o próximo grande passo para alcançar este objetivo é no LHC.

Newton negócios inacabados ...

O que é massa?

Qual é a origem da massa? Porque é que pequenas partículas pesam determinado valor, o que acontece? Por que é que algumas partículas não têm massa como todas?

Atualmente, não existem respostas para estas perguntas estabelecidas. A explicação mais provável pode ser encontrada no bóson Higgs, a chave não descoberta, uma partícula fundamental para o funcionamento do modelo padrão. Proposto primeiramente em 1964, ainda não foi observado.

Os laboratórios ATLAS e CMS serão responsáveis por procurar sinais desta esquiva partícula.

Um problema invisível...

De que 96% do universo é feito?

Tudo que vemos no universo, a partir de uma formiga para uma galáxia, é constituído por partículas elementares. Estas são o que nos coletivamente nos referimos como matéria, formando 4% do Universo. Acredita-se que matéria escura e a energia escura compõem o restante do percentual, mas são extremamente difíceis de detectar e de estudar, exceto através das forças gravitacionais que exercem. Investigar a natureza da matéria escura e a energia escura é um dos maiores desafios hoje nos campos da física das partículas e cosmologia.

Os experimentos em ATLAS e CMS vão procurar partículas supersimétricas para testar uma hipótese provável para a composição de matéria escura.

Favoritismo da Natureza ...

Por que não há mais antimatéria?

Vivemos em um mundo de matéria - tudo no Universo, incluindo nós mesmos, é feito de matéria. Antimatéria é como uma versão gêmea do assunto, mas com carga elétrica oposta. No nascimento do Universo, quantidades iguais de matéria e antimatéria deveriam ter sido produzidos no Big Bang. Mas quando o assunto é antimatéria, reunir

partículas, significa aniquilar umas as outras, transformando em energia. De alguma forma, uma pequena fração da matéria deve ter sobrevivido para formar o Universo em que vivemos hoje, com quase nenhuma antimatéria. Porque é que a Natureza parece ter esse viés para a matéria sobre antimatéria?

O experimento LHCb será olhando para as diferenças entre matéria e antimatéria, para ajudar a responder esta pergunta. Em experimentos anteriores, já foi observada uma pequena diferença comportamental, mas o que foi visto até agora quase não é suficiente para resolver o aparente desequilíbrio matéria-antimatéria no Universo.

Segredos do Big Bang

O que era matéria dentro do primeiro no primeiro segundo de vida do universo? Matéria, de que tudo no universo é feito, acredita-se que tenha se originado de um denso e quente coquetel de partículas fundamentais. Hoje, a matéria comum do Universo é feita de átomos, que contêm um núcleo composto de prótons e nêutrons, que por sua vez são feitos de quarks, ligados por outras partículas, chamadas glúons. A ligação entre os quarks é muito forte, mas muito cedo, as condições do Universo teriam sido muito quente e com energia suficiente para os glúons manterem os quarks juntos. Em vez disso, parece provável que, durante os primeiros microssegundos após o Big Bang o Universo teria contido uma mistura muito quente e densa de quarks e gluons chamado quark-gluon plasma.

A experiência será utilizar o ALICE do LHC para recriar condições semelhantes às logo após o Big Bang, em especial para analisar as propriedades do quark-gluon plasma.

Mundos Ocultos ...

Dimensões extras do espaço realmente existem?

Einstein mostrou que as três dimensões do espaço estão relacionadas ao tempo. Posteriormente teorias propõem que novas dimensões ocultas do espaço podem existir, por exemplo, teoria das cordas implica que há ainda dimensões espaciais adicionais a serem observados. Estas podem tornar-se detectáveis em energias muito elevadas, pelo que os dados de todos os detectores serão cuidadosamente analisados para procurar sinais de dimensões extras.

O texto acima, nos serve apenas como referência, apresenta o LHC e algumas questões que ele pretende responder. A partir dessa referência, vamos montar uma tabela, visando identificar quais são os temas que podemos abordar a partir do texto.

Tabela I: Análise do texto traduzido com possibilidade de temas que podem ser abordados a partir do LHC.

Partes do texto	Perguntas	Temas
...acelerador de partículas usado por físicos para estudar as menores partículas conhecidas - os alicerces fundamentais de todas as coisas...	Quais são as menores partículas conhecidas?	Partículas Elementares
...um admirável mundo novo da física vá surgir a partir do novo acelerador, um conhecimento em física das partículas que vai descrever o funcionamento do Universo.	Como podemos olhando para intimidade das partículas entender o universo?	Universo
... recriar as condições logo após o Big Bang,	Como recriar condições que aconteceram a bilhões de anos atrás?	Universo
Dois feixes de partículas subatômicas chamado 'hádrons'- que levam prótons ou íons - vão viajar em sentidos opostos dentro do acelerador circular, ganhando energia em cada volta.... Eles são guiados ao redor do acelerador circular por um forte campo magnético, conseguida usando eletro ímãs supercondutores.	Como acelerar partículas? Qual o limite para sua velocidade?	Mecânica - Leis de Newton, Momento Linear e Energia.
	Como fazer as partículas circularem?	Campo Elétrico Campo Magnético
Partes do texto	Perguntas	Temas

... o Modelo Padrão da física das partículas tem servido aos físicos como um meio de compreensão das leis fundamentais da natureza, mas ele não conta toda história	O que são modelos na ciência? Como podemos a partir de um modelo compreender a natureza?	O método científico e o modelo padrão
... interior do acelerador, dois feixes de partículas viajam perto da velocidade da luz.	Como podem partículas viajar perto da velocidade da luz?	Limitação da Mecânica Newtoniana e Teoria da Relatividade
Os feixes viajam em direções opostas, separados por tubos - dois tubos mantidos em ultravácuo.	Qual a necessidade do vácuo no experimento?	Partículas Elementares
... são construídos a partir de bobinas de cabos elétricos especiais que opera em um estado supercondutor, com uma eficiente condução elétrica, sem resistência e perdas de energia. Isto requer refrigeração a ímãs para cerca de $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$, isto é, temperatura mais fria do que um espaço exterior! Por esta razão, muito do acelerador é conectado a um sistema de distribuição de hélio líquido, o que esfria a ímãs, e também fornece outros serviços.	Por que é necessária uma temperatura tão baixa? O que é supercondutividade?	Temperatura e Supercondutividade
As partículas são tão pequenas que a tarefa de torná-las colidir assemelha-se a disparar agulhas de duas posições, distantes 10 km uma da outra, com tal precisão que se encontrem na metade do caminho.	Qual o tamanho das partículas?	Partículas e massa
Durante as últimas décadas, físicos têm sido capazes de descrever com maior detalhe as partículas fundamentais que compõem o universo e as interações entre eles	Quais são as partículas elementares? E suas interações?	O Átomo, Partículas Elementares e Interações (forças) Fundamentais
O que é massa? Qual é a origem da massa? Porque é que pequenas partículas pesam determinado valor, o que acontece? Por que é que algumas partículas não têm massa como todas? Atualmente, não existem respostas para estas perguntas estabelecidas...	Qual a origem da massa?	Partículas Elementares (o Bóson de Higgs)
... coletivamente como matéria, formando 4% do Universo. Matéria escura e a energia escura se acredita que compõem o restante percentagem ...	O que é matéria e energia escura?	Partículas Elementares e Cosmologia
O experimento LHCb será olhando para as diferenças entre matéria e antimatéria ...	O que é antimatéria?	Universo (Cosmologia)

Como podemos verificar na tabela acima, além dos vários temas do currículo formal (Física Clássica) que podemos abordar, são vários os tópicos de Física Moderna e Contemporânea que podem ser abordados a partir do LHC. Essa abrangência é um ponto importante na escolha do LHC como tema gerador.

Acreditamos que a partir do LHC podemos explorar inúmeros temas no ensino de FMC no ensino médio. Ostermann (2000) apresentam uma lista de temas, de maior concentração, na literatura sobre FMC, são: Relatividade, Armas Nucleares, Efeito Fotoelétrico, Laser, Emissão de Corpo Negro, Polaróides, Cristais Líquidos, Supercondutividade, Interações Fundamentais, Partículas Elementares, Caos, Radioatividade, Mecânica Quântica, Raios Cósmicos, Astrofísica. Alguns desses temas podem ser abordados estudando o LHC.

Outro aspecto de extrema importância é o impacto que a pesquisa advinda do CERN (Organização Européia para Pesquisa Nuclear) tem em nosso cotidiano, na forma como ela vive e interage. Um exemplo é a World Wide Web (WWW) que surgiu como ferramenta para coordenar os experimentos no CERN – atualmente denominado Organização Européia para Pesquisa Nuclear (CHAVES e SHELLARD, p. 21). Talvez, só essa contribuição para a sociedade justifique todo o financiamento de pesquisas no CERN, dada sua importância para a sociedade.

O CERN em sua pesquisa na área de Física de altas energias tem utilizado tecnologias cada vez mais sofisticadas, superando o conhecimento que temos na atualmente. São vários os exemplos de tecnologia utilizada a serviço do bem estar social, como detectores e aceleradores utilizados para ver dentro das pessoas, a fim de diagnosticar doenças, e também para o tratamento de doenças para eliminar tumores no

interior das pessoas, sem cirurgia. Outro exemplo de nova tecnologia que está sendo desenvolvida no CERN é um novo sistema de imagem médica para o diagnóstico de câncer de mama, que usa tomografia de emissão de pósitrons (PET). O sistema, desenvolvido por um consórcio Português em colaboração com o CERN e laboratórios participantes irá detectar tumores mesmo o menor e, assim, contribuir para evitar biópsias.

Existem outras pesquisas e outras contribuições do CERN para a nossa sociedade, vamos citar algumas das técnicas desenvolvidas a partir da pesquisa em ciência básica (CERNb):

Nos aceleradores de partículas:

- Esterilização – alimentação, saúde, saneamento
- Processos de radiação
- Terapia contra o câncer
- Incineração de resíduos nucleares
- Geração de energia
- Fonte de radiação síncrotron e fonte de nêutrons (biologia, física da

matéria condensada ...)

Nos detectores de partículas:

- Detectores de Cristais
 - Imagem médica
 - Segurança
 - Pesquisa
- Detectores de semi-condutores

- Muitas aplicações em estágio de desenvolvimento

Na Informática:

- World Wide Web
- Simulação de programas
- Diagnóstico de falhas
- Sistemas de controle

Na Supercondutividade:

- Física de Partículas em aceleradores
- Imagem na Ressonância Magnética Nuclear
- Cabos e fios
- Muitos outros (criogenia, vácuo, equipamentos elétricos...)

É fácil verificar como é importante o desenvolvimento da ciência básica para nossa sociedade, também é importante que os alunos tenham acesso a essa informação, assim pode-se transcender a visão que tem de uma física sem sentido para uma física que tem aplicação direta em nosso cotidiano, seja na forma como nos comunicamos, na forma como combatemos doenças, nos processos de geração de energia. Enfim, na forma como o conhecimento em física tem influenciado nossa sociedade. Por isso escolhemos um tema gerador de especial importância para a ciência.

2.2. Partículas Elementares

Como vimos anteriormente são muitos os assuntos de Física Moderna e Contemporânea que podem ser trabalhados no Ensino Médio. Com o LHC podemos trabalhar uma série de temas do currículo de Física. Mas, optamos por trabalhar com partículas elementares, talvez porque entender a origem do universo seja uma das grandes questões da humanidade, e a física de partículas traduz a beleza dessa busca por se tratar de uma das mais belas construções da Física, principalmente nesse importante momento, em que procuramos o bóson de Higgs.

Poderíamos justificar a escolha por partículas elementares de várias formas, mas o texto abaixo, nas palavras de um dos grandes nomes da Física, revela a beleza e importância do tema de forma singular:

[...] Se, em algum cataclismo, todo o conhecimento científico fosse destruído e apenas uma sentença passada adiante para a próxima geração de criaturas, que enunciado conteria o maior número de informações em menos palavras? Acredito que a hipótese atômica (ou o fato atômico, ou como quiser chamá-lo) de que todas as coisas compõe-se de átomos – pequenas partículas que se deslocam em movimentam em perpétuo, atraindo umas às outras quando estão a uma certa distância, mas repelindo-se quando comprimidas umas contra as outras. Nesse única sentença você verá, existe uma enorme quantidade de informação sobre o mundo, bastando que apliquemos um pouco de imaginação e raciocínio (FEYNMAN, 2004, p. 39)

Consideramos essas palavras excelentes para revelar a importância de que esse assunto seja levado para as escolas. Um conhecimento dessa importância para a história da humanidade não deve ficar de fora de nossas discussões em sala de aula.

Outro fato importante é que a exploração do mundo dos átomos feita neste século praticamente não tem paralelos na história da ciência, no que concerne ao progresso do conhecimento e ao domínio da natureza de que nós somos parte (BOHR, 1995).

Quando elegem partículas elementares para experiência em sala de aula, Ostermann e Moreira (2001) consideram que esse assunto esteja vinculado a questões mais básicas da Física, ou quem sabe, nos remeta a problemas filosóficos (como buscar a ordem na diversidade). ... Como funciona o Universo é uma pergunta que tem fascinado os cientistas há séculos e também o homem como espécie e é, em certo sentido, a pergunta-chave desta área da Física.

Para Alvarenga (1994) a Física Atômica e das Partículas Elementares é matéria que certamente deve estar presente em qualquer curso de Física de ensino médio, a autora indica os seguintes motivos:

- Há relativa facilidade de adaptar os conhecimentos referentes a esses tópicos a alunos de diversos níveis;
- São tópicos fundamentais e sua aprendizagem facilita a compreensão, com maior profundidade, de muitos outros assuntos, tanto no campo da Física, quanto no das outras ciências (Química, Biologia, Geologia, etc.);
- O tema é útil na compreensão de recursos usados na construção do conhecimento científico (a idéia de modelo, por exemplo);
- O assunto pode ser tratado historicamente, com a apresentação de diversas teorias que o sucedem, mostrando os alunos que o conhecimento científico não é uma verdade absoluta, que só existe na mente dos grandes gênios (aspecto importante da visão atualizada das ciências);

- O sucesso das pesquisas nesta área, altamente dependente das tecnologias avançadas (como os aceleradores de partículas cada vez mais potentes, os microscópios de tunelamento etc.), evidenciaram a interdependência entre o desenvolvimento dos conhecimentos científicos e tecnológicos, sem priorização de nenhum deles;

- Os conhecimentos dessa área, possibilitam ao estudante um certo aprofundamento dos estudos de cosmologia, levando-os a uma visão mais racional do mundo em que vivemos, a discussões mais equilibradas sobre a origem do universo, colaborando com o afastamento de credices e superstições, muito comuns entre os jovens;

- O progresso na pesquisas deste ramo da Física chega a ser sensacional, pondo em evidência o esforço da humanidade para compreender a natureza e o enorme acervo que foi construído, conjuntamente por inúmeras gerações que se sucederam; e, isto, leva os estudantes para o estudo da ciência.

Os motivos indicados pela autora refletem o potencial desse tema para ser abordado no ensino médio. Nossa idéia de trabalhar com esse tema é apresentar uma proposta de responder a seguinte pergunta: como introduzir o conteúdo Partículas Elementares no Ensino Médio? Para tal objetivo escreveremos um material de apoio para o professor e aluno, uma proposta de trabalho, nas abordagens já discutidas nos capítulos anteriores, que possibilite a aluno e professor uma viagem pela construção do conhecimento humano sobre partículas elementares. Além disso, será proposto um conjunto de atividades para sala de aula.

Para entender a proposta deste trabalho sobre abordar Partículas Elementares, utilizando o LHC como tema gerador. Vamos propor um mapa ou organização conceitual numa seqüência ausubeliana. Segundo Moreira e Masini (2006) Ausubel defende a posição

de que as idéias, fenômenos e conceitos mais gerais e inclusivos devem ser apresentadas no início do processo instrucional para que sirvam de ancoragem conceitual para a aprendizagem subsequente.

Moreira (2004) propôs um mapa conceitual para as partículas elementares. No entanto, apresentaremos aqui um novo mapa conceitual com algumas diferenças em relação ao já proposto, que desenhamos especialmente para este trabalho. Dois fatos nos motivaram a fazer um novo mapa: primeiramente gostaríamos que o mapa conceitual desse uma visão geral da proposta do trabalho, o outro fato é que nesse trabalho falaremos do bóson de Higgs (que não é mencionado no mapa proposto em 2004). Acreditamos que através desse mapa seja fácil ter uma idéia do ponto de saída e chegada dessa proposta de trabalho.

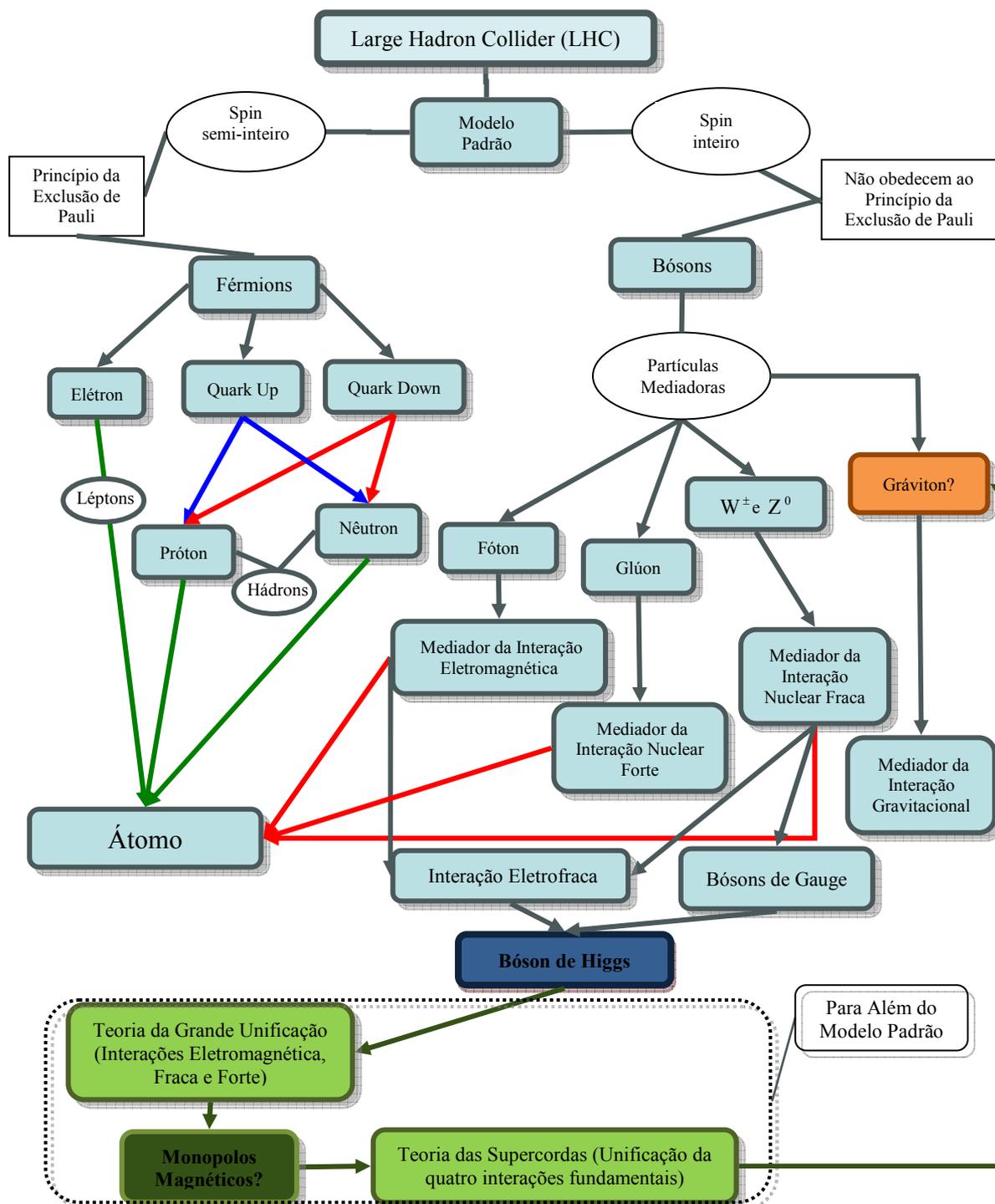


Figura II: Mapa Conceitual sobre a proposta deste trabalho.

Essa organização visa num primeiro momento apresentar uma visão geral (LHC e o modelo padrão) sobre o assunto, para só depois apresentar o mais particular (Partículas

Elementares e interações fundamentais). Acreditamos que essa seja uma boa forma de situarmos o aluno no conteúdo, permitindo que ele saiba de onde vamos partir e onde vamos chegar. Esse quadro também descreve como pretendemos escrever sobre partículas elementares no produto final.

3. O PRODUTO FINAL

Um dos desafios do ensino de física é ensinar de forma contextualizada e interdisciplinar, de tal maneira que a física extrapole o mundo das aplicações de fórmulas e ganhe um sentido na vida do aluno e do mundo em que ele vive. Esse foi um dos motivos que nos levaram a trazer para esse trabalho os enfoques CTS e HFC.

Zuin (2008) quando se refere aos materiais didáticos na perspectiva CTS, sugerem dois fatores, que nos preocupamos em preservar na proposta desse trabalho, para que esses materiais possam servir como instrumentos mediadores entre os aprendizes e o conhecimento:

(1) a adequação de seus conteúdos para a faixa etária a que eles se destinam, o contexto, tanto do local onde serão aplicados quando do público que irá manuseá-los, a linguagem na qual serão escritos, bem como as informações que trarão, de modo que não se tornem nem inacessíveis e muito menos subestimem a capacidade daqueles que os utilizarão.

(2) Outro subsídio importante desses materiais se relaciona ao papel que desempenham na formação contínua de professoras e professores que com eles podem se aprimorar e descobrir novas maneiras de trabalhar com seus alunos, dentro e fora das salas de aula.

Essas duas características nos pareceram de extrema importância para construção do produto final e procuramos atendê-las. A primeira por nos alertar para um produto que atenda as necessidades dos alunos, dessa forma o produto aqui proposto privilegiará a parte conceitual da física, abrindo as equações somente quando possível e necessário.

Acreditamos que assim atenderemos ao público alvo da forma adequada. Por outro lado, a discussão do produto também trará as relações entre o LHC, a ciência, a tecnologia e a sociedade.

Além disso, um produto sobre partículas elementares é uma boa oportunidade para que professores tenham acesso a um material que não compõe o currículo ensino médio, tendo nesse sentido um caráter de divulgação científica.

Santos e Mortimer (2002) indicam que estrutura dos materiais de ensino de CTS é seqüenciada pelos seguintes passos:

- (1) introdução de um problema social;
- (2) análise da tecnologia relacionada ao tema social;
- (3) estudo do conteúdo científico definido em função do tema social e da tecnologia introduzida;
- (4) estudo da tecnologia correlata em função do conteúdo apresentado;
- (5) discussão da questão social original.

Podemos notar que ao abordar o LHC trazemos à tona todos os itens acima mencionados. A introdução ao problema será feita a partir do LHC, sua importância para a ciência e para o homem. Ao apresentar o tema será feita uma abordagem com relação ao impacto tecnológico advindo das pesquisas no CERN. Além da própria tecnologia empregada na sua construção e nas implicações que sua construção pode trazer a sociedade.

Valorizando cada uma das características acima discutidas, decidimos então por produzir o seguinte material ou produto final: um texto, um conjunto de slides e uma proposta para abordar o tema, dentro das características CTS e HFC.

O texto foi dividido em duas partes I e II. Propomos a seguinte seqüência de tópicos, que compõe a **Parte I** do texto, a serem escritos sobre o LHC e modelo padrão.

- O LHC e as conseqüências das pesquisas no CERN para a ciência, tecnologia e sociedade.

- Como o LHC funciona

- O modelo Padrão e o bóson de Higgs

Apesar de todas as conseqüências tecnológicas e do conhecimento advindas das pesquisas no CERN e no LHC, o papel central do LHC é na pesquisa em Física de Partículas. Nesse sentido, propomos uma seqüência de temas, que chamamos **Parte II** do texto, contando a história da formação do conhecimento em Física de partículas, a partir de uma abordagem histórico-filosófica. O material foi escrito na seguinte seqüência de tópicos

- Os atomistas

- Elementos fundamentais fogo, água, ar e terra

- A descoberta do Elétron

- A descoberta do próton (Interação Eletromagnética)

- Os Modelos Atômicos

- Radioatividade (o átomo não é indivisível), descoberta do fóton A

descoberta do próton

- O neutrino e o Nêutron

- Interação Eletromagnética

- Interação Nuclear Fraca

- Interação Nuclear Forte

- Os Quarks
- Força Eletrofraca e os bósons de Gauge
- O Bóson de Higgs
- Para Além do modelo padrão

O texto será apresentado numa seqüência que vá do geral para o particular, por isso começamos o texto falando do LHC e do modelo padrão, para só depois falar do desenvolvimento histórico do conhecimento sobre as partículas elementares, como apresentado no mapa conceitual da figura II.

O material didático ou produto final será apresentado de acordo com os seguintes objetivos:

1º) Visão geral do LHC para os alunos, sua construção e seu funcionamento;

Nessa etapa pretende-se situar o aluno com relação ao LHC, apresentando questões como: onde o LHC fica situado? Qual sua importância? Quanto tempo o LHC levou para ser construído? Quais foram os investimentos? Que tecnologia envolveu sua construção? A idéia é passar uma visão geral do LHC para que os alunos tenham uma idéia da dimensão do experimento.

2º) A relação das pesquisas no CERN com desenvolvimento de novas tecnologias, e, conseqüentemente, seu impacto na sociedade;

A idéia é abordar algumas das contribuições feitas pelas pesquisas realizadas no CERN, no desenvolvimento de novas tecnologias e como isso influencia nossa sociedade. Esperamos com isso aproximar o cotidiano do aluno com as pesquisas realizadas num acelerador de partículas na Europa.

3º) Apresentação do modelo padrão de partículas;

O ponto principal dessa discussão é apresentar o modelo padrão de partículas, passando por todas as partículas elementares e suas interações, até o bóson de Higgs. Nessa etapa, ainda estamos apresentando ao aluno uma visão geral do LHC e do modelo padrão. Esperamos que desta forma o aluno consiga se situar, entendendo o início e o fim de nossa proposta, para então partimos para uma discussão mais profunda acerca das partículas e de suas interações.

Segue abaixo um quadro com que representa as partículas do modelo padrão:

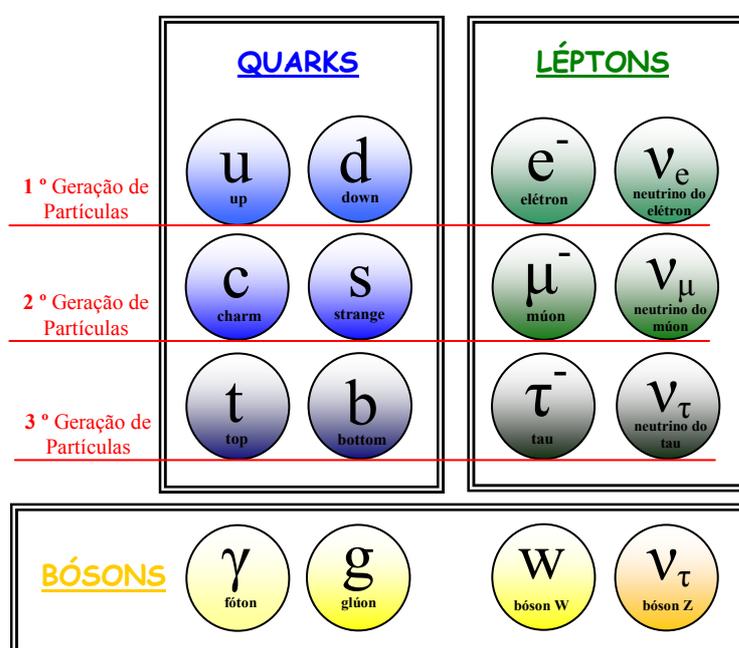


Figura III: Partículas do Modelo Padrão

4º) História do desenvolvimento das partículas elementares: do elétron ao bóson de Higgs.

O objetivo desta etapa é mostrar como a idéia de que o mundo é feito por pequenas partículas surgiu, e como ela se desenvolveu no decorrer da história. Nesse sentido, buscamos entender como partículas são descobertas através de experimentos, filosofia ou mecanismos matemáticos, e como modelos surgem e são validados através destas

descobertas. Nessa perspectiva, procuramos dar ênfase não só a descoberta das partículas ou propostas de modelos, mas a forma como esse conhecimento se construiu, colaborando para desmistificar o método científico e a ciência como verdade irrevogável, entendendo a ciência como uma construção humana e sujeita a limitações e superações.

Nesse contexto, apresentaremos aos alunos a descoberta de algumas partículas e antipartículas do modelo padrão, fazendo o caminho da descoberta do elétron ao bóson de Higgs (nesse caso optamos por apresentar algumas partículas e não todas). Nessa trajetória apresentaremos alguns modelos atômicos, como eles foram previstos, seus problemas e suas contribuições para novos modelos. Discutiremos nesse caminho as interações fundamentais da natureza.

Esperamos com isso produzir um material que contribua para uma melhor compreensão sobre o mundo das partículas elementares e suas interações fundamentais, e para uma visão de ciência mais atual e realista, que permita ao aluno entender como a física de partículas pretende responder questões tão antigas, como por exemplo: qual a origem da massa? ou qual a origem do universo?

Partimos então para a construção dos slides e a sugestão de atividades que também fazem parte do produto final e foram feitos para acompanhar o texto.

A descrição de atividades de como abordar o tema para o trabalho em sala de aula estão nos ANEXOS II e III. O texto, os slides e a própria sugestão de atividades serão apresentados em uma cartilha a parte.

3.1. Avaliando o material

Achamos interessante apresentar o texto que foi produzido para um grupo de pessoas, ouvindo suas opiniões através de um questionário - ANEXO IV -, o objetivo foi ter uma idéia inicial de como o texto seria “visto” por outras pessoas, trocando idéias sobre o texto e as possibilidades de sua utilização em sala de aula.

Entendemos que o ideal seria uma validação do material, apoiada por um referencial teórico, testes e pesquisas com um número maior de professores e alunos, o que não faremos por entender que não há tempo suficiente, já que foi grande o esforço e tempo gasto na produção do produto final, que configura o perfil da pesquisa do mestrado profissional, e procuramos ser fiéis a este perfil.

Portanto, não tivemos nesse questionário com professores e alunos a intenção de validar o material. Se esse fosse nosso objetivo teríamos pela frente outras etapas para a pesquisa, e isso, fugiria de nossos objetivos e extrapolaria os limites de tempo do mestrado. Mas, acreditamos que temos material para futuras pesquisas, seja com perfil acadêmico ou profissional, e registramos aqui nossa intenção de pesquisa para trabalhos futuros.

O grupo a que submetemos o material foi formado por um **Professor Doutor** em Física, que leciona há 5 anos em Instituições de nível superior e como tutor no curso de licenciatura em Física, dois alunos de escola pública do 3º ano ensino médio (**Aluno 1** e **Aluno 2**), um aluno do último período do curso de licenciatura em física (**Licenciando em Física**) e por um professor de física que leciona há 30 anos no ensino médio e tutor de um curso de licenciatura em física (**Professor Médio**). Mostramos a seguir a resposta na íntegra dada pelos entrevistados, com exceção de alguns trechos que entendemos repetir idéias já contidas em outras partes das respostas. Também destacamos em negrito, itálico e

sublinhado, as partes do texto mais relevantes para nossa análise, e após cada resposta apresentamos a análise.

Questão 1) O que você achou do material?

Tabela II: Respostas dos professores questão 1.

	Partes das Respostas
Professor Doutor	Achei o material <i> muito interessante </i> e de fácil compreensão. Nota-se, que o texto apresentado, fora muito <i> bem discutido e pesquisado </i> .
Aluno 1	Penso que este é um <i> bom </i> material didático, pois aborda de maneira simples assuntos não tratados no ensino médio atualmente. A apostila é <i> bem explicativa... </i> , utilizando esquemas e ilustrações....
Aluno 2	Um <i> bom material </i> , para iniciar o engendrar de uma nova perspectiva na relação ensino-aprendizagem do ensino médio.
Professor Médio	Material <i> bem elaborado </i> , com tema <i> interessante e instigante </i> , e de <i> fácil leitura </i> . Apresenta uma seqüência bem disposta dos temas tratados... Também apresenta <i> bom desenvolvimento </i> na explanação do modelo padrão, de certa forma complexo em sua estrutura. Finalizando, é um material de <i> leitura agradável, acessível </i> aos professores e alunos.
Licenciando em Física	O material é de <i> qualidade muito boa </i> e entendo que atende aos objetivos preconizados na apresentação. Achei as <i> ilustrações bem esclarecidas </i> , com os <i> desenhos bem feitos </i> . No todo o <i> texto é claro e objetivo </i> . Quanto ao desenvolvimento, segue numa <i> dinâmica bem natural </i> em <i> ritmo agradável </i> , e como que numa viagem, no tempo e no espaço ao longo da história, mostrando como tudo aconteceu... O papel dos aceleradores de partículas foi <i> bem mostrado e bem caracterizado </i> a sua importância na comprovação de teorias e hipóteses levantadas pelos estudiosos da Física. <i> Gostei do material como um todo. </i>

Num panorama geral todos os entrevistados parecem ter gostado do material, destacamos no texto alguns dos adjetivos e verbos utilizados pelos entrevistados em suas respostas. Algumas das classificações mencionadas pelo professor foram: muito interessante, bom, bem explicativo, bem discutido e pesquisado, leitura agradável, fácil leitura, dinâmica natural, bem mostrado.

Podemos, nessa análise inicial, considerar que o texto apresentado aos professores foi bem aceito, em nenhum momento ocorreram críticas que indicassem o contrário, isso

indica que o material tem bom potencial para ser utilizado em sala de aula ou como material de divulgação científica.

Questão 2) Dê sua opinião sobre a sua utilização nas salas de aula do ensino médio?

Tabela III: Respostas dos professores questão 2.

	Partes das Respostas
Professor Doutor	A abordagem excessivamente formulística da física e a <u>ausência de tópicos de física moderna e contemporânea</u> nos currículos escolares <u>é inaceitável em tempos atuais</u> . O professor precisa levar aos seus alunos uma <u>postura diferente sobre a física e sobre o mundo</u> e, o quanto eles estão <u>conexos</u> . <u>...Transmitir a beleza do universo e a curiosidade que nos estimula a compreendê-lo</u> é uma das <u>tarefas mais importantes</u> dos professores. A <u>utilização desse material</u> no ensino médio <u>é importante</u> nesse sentido.
Aluno 1	Acho que o uso do <u>material</u> de <u>extrema importância</u> , pois irá complementar o que for discutido e <u>auxiliar</u> o aluno na <u>compreensão do tema</u> .
Aluno 2	É uma <u>questão delicada</u> , porém, de qualquer forma, deveria ser de modo auditivo e imagético, que se mostrasse aos alunos como produto final do próprio trabalho deles.
Professor Médio	Seria <u>bem interessante</u> , uma <u>inovação</u> na grade <u>curricular</u> do ensino médio. <u>Não vejo problemas</u> para a <u>utilização de textos</u> em salas de aula, no que se refere a leitura e à leitura e a discussão do seu conteúdo... Penso, porém, que para implementar tal discussão é <u>necessário</u> preparar uma “logística” para <u>habilitar a escola, professores e alunos...</u> , não são tarefas complicadas acho que vale a pena. Afinal, a <u>Física Contemporânea</u> está se <u>aproximando</u> cada vez mais do <u>cotidiano os alunos</u> .
Licenciando em Física	Sou da opinião que este <u>material poderá ser utilizado nas salas de aula</u> do ensino médio. Evidentemente será necessário um <u>bom planejamento</u> , já que a <u>tarefa é desafiadora</u> . O professor deverá contar com <u>material de apoio</u> como <u>videos, fotos</u> dos equipamentos aceleradores de partículas e até da utilização do <u>laboratório de informática</u> para visitas virtuais ao site do LHC onde há muita coisa para apoiar o professor...

Podemos notar nas respostas dos professores a importância que é dada a inserção de FMC no ensino médio. Com exceção do aluno 2 que considera a utilização do texto uma questão, todos os outros se mostraram favoráveis a utilização do texto em sala de aula.

Além da posição favorável à utilização dos textos, destacam-se a opinião do Professor Médio que chama atenção para a necessidade de se capacitar os professores para

esse tipo de trabalho em sala de aula e do Licenciando em Física que sugere um material de apoio para o professor. Entendemos que as duas opiniões são importantes e se complementam.

Com relação ao material de apoio sugerido pelo Licenciando em Física, ele já é parte integrante do nosso produto final, o entrevistado só não teve conhecimento por que apresentamos somente o texto para análise.

Com relação à capacitação de professores, acreditamos que o produto final, com texto, slides, sites, filmes e sugestão metodológica sejam suficientes para que o professor possa articular o uso do material em sala de aula, escrevemos o texto numa linguagem acessível para atender a essa necessidade. Entendemos que o material pode ser trabalhado sem a necessidade de capacitação, mesmo considerando que a capacitação seja o ideal.

Questão 3) Quais sugestões você daria para o material?

Tabela IV: Respostas dos professores questão 3.

	Partes das Respostas
Professor Doutor	O autor poderia escrever na história do átomo, apresentada na parte II do texto, sobre a primeira versão da <u><i>tabela periódica</i></u> dos elementos químicos, apresentada em 1959 na comunidade científica pelo químico Russo Mendeleiev.
Aluno 1	O material está bom, contudo, se houvesse um pequeno <u><i>resumo no final</i></u> dos capítulos e <u><i>exercícios</i></u> ficará ainda mais completo.
Aluno 2	Uma maior abordagem dos <u><i>problemas atuais da física</i></u> , confrontando os jovens em <u><i>questionamentos</i></u> e em uma <u><i>didática problematizadora...</i></u>
Professor Médio	Sugiro a tentativa de explorar mais a relação entre a Física de partículas com tecnologias atuais utilizadas pela população em seu cotidiano. Como, por exemplo, a utilização do <u><i>efeito fotoelétrico</i></u> , o funcionamento dos <u><i>raios x</i></u> , a utilização de radiações em terapias etc. Ou seja, se possível, <u><i>detalhar</i></u> mais os exemplos de utilização da <u><i>tecnologia</i></u> desenvolvida a partir das <u><i>pesquisas do CERN</i></u> , que influenciam diretamente nossa sociedade... Também sugiro incluir uma explanação mais bem <u><i>detalhada</i></u> sobre a <u><i>antimatéria</i></u> , assunto pouco ou nada conhecido por alunos e professores do ensino médio. Da mesma forma, seria conveniente uma breve explicação sobre o fenômeno de <u><i>separação</i></u> entre <u><i>elétrons e prótons</i></u> , como por exemplo, na câmara de alimentação do LHC.
Licenciando em	... Para trabalhá-lo junto ao alunado eu usaria <u><i>muitas imagens</i></u> , para auxílio

Física	como material de apoio. Acredito que haverá um desdobramento para facilitar o desenvolvimento do professor. O autor nos informa que, aqui o que está sendo avaliado é o texto então nos atemos a ele.
---------------	--

Com relação às sugestões dos professores, consideramos que todas acrescentariam ao trabalho, algumas das sugestões pensamos em discutir de forma mais profunda e detalhada no texto, como por exemplo, o funcionamento dos raios-x. Mas achamos melhor nos ater ao tema partículas elementares, caso contrário, o material ficaria demasiadamente extenso e entraríamos em temas que comporiam outra pesquisa.

Porém, a idéia da tabela periódica e de um detalhamento maior alguns tópicos abordados no texto, pretendemos utilizar futuramente, já que pode enriquecer as idéias colocadas e o entendimento do texto.

Com relação à resposta dos alunos, podemos ver na resposta do Aluno 1 o formato de um livro didático, com exercícios ao final de cada capítulo para assimilação do conteúdo. A princípio essa não era nossa intenção, até por que não tratamos nesse trabalho a avaliação, mas achamos interessante a idéia de anexar um resumo com as idéias centrais da proposta e de atividades para os alunos. Já a resposta do Aluno 2 vai de encontro a nossa proposta de um ensino problematizador, por isso escolhemos em tema gerador bem atual, provavelmente sua resposta indique a necessidade de uma discussão maior em torno dos temas atuais, já que investimos bom tempo na formação histórica do conhecimento, isso converge, por exemplo, com a opinião do Professor Médio quando pede uma discussão mais profunda sobre a antimatéria. Esse é um ponto que pretendemos rever futuramente.

Questão 4) *O que você acha da escolha do tema partículas elementares para ser trabalhado no ensino médio?*

Tabela V: Respostas dos professores questão 4.

	Partes das Respostas
Professor Doutor	Partículas Elementares é um dos assuntos <u>mais fascinantes</u> da física contemporânea. Esse tema ajuda a <u>despertar grande interesse</u> em uma <u>ciência</u> diferente do que é apresentada no ensino médio, a ciência da descoberta. Ela nos ajudará a trazer e, talvez, <u>brilhantes pesquisadores</u> , importantes para o <u>futuro do país</u> .
Aluno 1	Acho que o tema Partículas Elementares é de <u>suma importância atualmente</u> . Seu estudo nos ajuda a <u>compreender outros assuntos</u> relacionados à ciência, além de complementá-los... Pois estes <u>auxiliarão</u> nas mais <u>diversas profissões</u> que os <u>interessados em ciências</u> venham a seguir.
Aluno 2	Vê-se em tal escolha uma alternativa para <u>aproximar a física o cotidiano</u> juvenil... Retira-se assim o foco dos discentes do passado, sem todavia anular a importância do “ <u>histórico científico</u> ”. Dar-lhe-emos então a oportunidade de se tornarem agentes ativos; promissores homens da ciência. O projeto é um olhar empírico, e <u>excitação do gosto pela curiosidade e descoberta</u> . Os alunos poderão, diante de tal iniciativa, <u>imbuírem-se não de uma ciência pronta</u> (retórica comum no ensino médio), <u>mas sim na verdadeira</u> , que, se tem feito ao longo da história num processo contínuo de ruptura e estruturação. Com isso os jovens podem <u>reformular uma nova realidade</u> com relação <u>ao micro e macro cosmo</u> , frente a paradoxos que excitam físicos hodiernamente, como a suposta dicotomia Relatividade - Mecânica Quântica.
Professor Médio	Não respondeu
Licenciando em Física	É o que está faltando no ensino de física. Precisamos <u>mudar o conceito</u> do que seja <u>estudar Física na escola</u> . A Física envolve Filosofia, experimentação, experiências, digo formulação de hipóteses e comprovação pelas experiências, análises de resultados. Tudo isso tem no estudo da Física de Partículas. É um novo campo que se abre.

Todas as respostas apontam uma avaliação bem positiva com relação ao escolhido para nossa proposta e para a inserção de temas de FMC no ensino médio. Além disso, as respostas dadas após a leitura do texto refletem o sucesso com esse grupo de pessoas.

Podemos notar na análise das respostas, que objetivos de nossa proposta foram alcançados, como por exemplo, uma visão da ciência como conquista coletiva, mais

próxima da realidade dos alunos e de seu mundo, com papel de fundamental importância para nossa sociedade.

Numa análise geral, apesar de este questionário ser uma avaliação preliminar do material, consideramos que as respostas dadas pelos entrevistados indicam que o texto atende as finalidades para o qual foi proposto, podendo contribuir para que o tema partículas elementares seja abordado no ensino médio ou mesmo como material de divulgação científica.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

São muitos os desafios que a educação brasileira tem enfrentado nas últimas décadas. Um deles foi propiciar a todos os brasileiros o direito a escola, meta recentemente atingida. Atualmente no Brasil, toda criança ou um adolescente tem um lugar assegurado em uma escola, salvo raras exceções. Mas, apesar desse grande avanço, outros desafios se configuram em nosso cenário educacional.

Talvez o maior dos desafios seja que toda criança permaneça na escola e que tenha acesso a um ensino de qualidade. Qualidade que nosso sistema de educação ainda está longe de atingir. Para que a melhoria do ensino aconteça é necessário esforço de toda sociedade, mas temos esperança que a qualidade da educação será outra meta que será atingida. Até por que essa é a nossa luta, pena que as mudanças / resultados na educação levem anos ou décadas para acontecer, mas estamos conscientes que fazemos parte de processo de mudança.

Não queremos aqui discutir a importância de políticas sérias para a educação, ou de salários dignos para professores, ou da importância da formação continuada para os professores e de outros tantos fatores que poderiam contribuir para que a melhoria na qualidade de ensino acontecesse. Vamos nos limitar a falar da contribuição que os temas discutidos neste trabalho pretendem fazer para esse processo de melhoria no ensino de física, servindo para contribuir na discussão de outras áreas do ensino de ciências.

Um dos temas que consideramos fundamentais para a melhoria da qualidade no ensino de Física, comungando da idéia de vários pesquisadores e colegas de profissão, é a

idéia de que a Física Moderna e Contemporânea deve pertencer ao currículo de física do ensino médio.

Essa é uma mudança que sem dúvida pode aproximar o aluno da física, já que os temas tratados são muito mais interessantes e aproximam o aluno de tecnologias atuais e da influência desse conhecimento para configuração da nossa atual sociedade.

Sabemos que é impossível trabalhar “todo” o conteúdo de Física Clássica, Moderna e Contemporânea com o atual tempo de aula que a matéria dispõe no ensino médio. Cabe-nos então discutir sobre o que é realmente importante ensinar, e priorizar isso no currículo de Física.

Esse é um dos problemas para a atualização do currículo de Física, já para compreender a FMC é necessário que se tenha conhecimento da Física Clássica. Mas, isso não impede que temas de Física Clássica, Moderna e Contemporânea sejam escolhidos para compor o currículo, nesse caso, alguns tópicos seriam escolhidos para ficar de fora. Acreditamos que essa seja uma boa saída para inclusão de FMC no EM.

Com relação ao tema de FMC escolhido para este trabalho: Partículas Elementares, temos certeza que é um tema que não deveria, em hipótese alguma, ficar fora das discussões da Física no ensino médio. Já que é um tema onde várias dimensões da ciência e do conhecimento aparecem de forma clara e singular.

Primeiramente é um tema pode e deve ser tratado num contexto histórico, o que facilita ao aluno o entendimento de que a ciência é uma construção coletiva, de interesse de toda a sociedade. Além disso, desmistifica vários aspectos da ciência positivista, aproximando o aluno de uma visão mais atual a cerca da ciência e de seu método. Contribuindo para que ele entenda como se formou o conhecimento nessa área de pesquisa,

e como ela pretende responder perguntas como: o que é massa? Qual sua origem? O que aconteceu no início do universo?

Estudando Partículas Elementares, o aluno pode perceber que o método científico não é algo tão fechado e unilateral, como ele geralmente aprende na escola. Por exemplo, o primeiro passo ensinado na escola para o método científico é a observação, estudando partículas ele pode notar que às vezes não há observação direta, mas um mecanismo matemático nos conduz a determinadas hipóteses e sua comprovação/aceitação, pra s[ó] depois serem “observados”. Outro aspecto importante é relação entre a matemática, a Física e a Filosofia que podemos ver quando estudamos esse tema.

Além disso, Física de partículas é uma das ou a área da física que mais se desenvolveu no último século, suas pesquisas tem contribuído para o desenvolvimento de vários setores da sociedade, e esse é um ponto que deve ser explorado em nossas salas de aula. Acreditamos que relacionar a ciência, a tecnologia e a sociedade seja fundamental para que tenhamos uma escola de qualidade, que forme um jovem com visão crítica e capaz de entender as questões que atualmente norteiam nosso mundo.

Essa por visão mais abrangente, que ultrapasse visão tacanha do atual ensino de Física, basicamente composto de solução de problemas sem nenhuma relação da física com o mundo, é propomos o enfoque CTS. Acreditamos esse é uma boa maneira para recuperarmos a beleza da física diante dos nossos alunos, contribuindo para que entendam que a física é feita por homens como nós, e que ela faz parte de nossa vida.

Motivados por essas questões escolhemos um tema gerador atual para nortear nossas discussões em sala de aula, o LHC. Acreditamos que essa seja uma boa maneira de apresentar o tema aos alunos numa perspectiva CTS.

Partimos então para a produção de um material de apoio para o professor com enfoque CTS e HFC, tendo por tema gerador o LHC. Preparamos então o seguinte material:

1. texto de apoio para o professor;
2. Slides para apresentação do tema;
3. Sugestão ou descrição de atividades (vídeos, textos, trabalhos e debates) para sala de aula;

O texto de apoio foi escrito a partir pesquisa em vários livros e artigos sobre o LHC e partículas elementares, sendo ainda escrito para atender as abordagens CTS e HFC, propostas nesse trabalho. Iniciamos o texto falando sobre o LHC e o modelo padrão de partículas com objetivo de apresentar o assunto ao aluno, permitindo a ele uma visão geral do tema e da proposta de trabalho. Em seguida, escrevemos num contexto histórico um texto que explica a formação do conhecimento sobre a física de partículas, iniciamos esse texto com idéia do elemento primordial (arque) dos gregos finalizando a discussão com o bóson de Higgs.

Seguimos então para a confecção de alguns slides, cujo objetivo é facilitar para que o professor possa utilizar o material em sala de aula.

Ainda achamos necessário criar uma sugestão de trabalho para que o professor entenda nossa proposta de ensino. Construimos algumas tabelas com descrição da atividade proposta e o tempo que cada atividade demanda. Nessa descrição ainda, adicionamos alguns links de vídeos e textos que podem servir como apoio para pesquisa de professores e alunos.

Esperamos com esse material contribuir para o processo ensino-aprendizagem, valorizando como justificaremos a seguir um ensino que contemple a uma formação crítica e questionadora a partir do tema-gerador escolhido.

Apesar do grande trabalho que tivemos para preparar este material, em função de todo o levantamento do bibliográfico, das inúmeras leituras, do tempo para escrever e fazer a pesquisa. Sabemos que alguns importantes aspectos do processo pedagógico ainda não foram tratados nesse material, como por exemplo a avaliação ou a própria validação deste material em sala de aula que é um assunto que gostaríamos de tratar. Essas questões ficaram para outra oportunidade em função do próprio tempo utilizado para preparar o produto final, conseqüência também dos objetivos deste programa de pós -graduação.

Em função da própria natureza do curso, nossa opção foi propor um material de ensino que permitisse que esse assunto seja levado às escolas, mesmo não fazendo parte do atual currículo de Física. Acreditamos, nesse caso, que ele possa ser trabalhado como um material para divulgação científica.

Entendemos na conversa com os professores, que FMC é um assunto que deveria estar em sala de aula, apesar dos receios por parte de alguns professores, quanto a problemas como: o aluno não vai conseguir aprender, o aluno não sabe matemática, não há tempo suficiente no atual currículo. Enquanto alguns já ensinaram alguns tópicos de FMC para seus alunos.

Acreditamos que os problemas de aprendizagem dos alunos continuarão na FMC, como acontece na Física Clássica, se a forma como ensinamos não mudar, por isso trouxemos para este trabalho as abordagens CTS e HFC. E alguns outros problemas, são estão realmente na base da estrutura educacional que temos em nossas cidades, quando um

aluno chega ao ensino médio, muitas vezes as grandes lacunas que ele trás em sua formação não permitem que alcance outros níveis de compreensão.

Nesse cenário acreditamos que a FMC só tem a contribuir, colaborando para que alunos e professores trabalhem com uma física mais atual e mais convincente para a perspectiva dos nossos jovens. Não dá pra entender como um jovem pode sair da escola média sem ouvir falar dos dois postulados da relatividade de Albert Einstein e de suas conseqüências para a ciência.

Acreditamos que essa defasagem no ensino de física, só colabora para que o professor não se motive a estudar ou pensar em novas possibilidades de trabalho e aprendizagem.

Foi pensando nisso, em colaborar com professor e aluno, com a educação, que propomos esse trabalho. Acreditando que a inserção de FMC seja fundamental para melhoria do ensino de Física no país e que partículas elementares é um tema fundamental para compreensão da ciência, que deve estar na escola média, propomos seu ensino através de um tema de interesse de toda a sociedade: o LHC.

REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. S. **What is STS science teaching?** In: SOLOMON, J. AIKENHEAD, G. S. STS Education: International perspectives on reform. New York: Teachers College Press, 1994. Disponível em: <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/sts05.htm>. Acesso em: 15 de outubro de 2009.

AGUIAR, Carlos Eduardo M. de. GAMA, Eduardo A. COSTA, Sandro Monteiro. **Reorientação Curricular para o Estado do Rio de Janeiro**, Ciências da Natureza e Matemática, Física no Ensino Médio.. Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://omnis.if.ufrj.br/~curriculo>>. Acesso em: 27 de maio de 2009.

ALVARENGA, B. **A relevância do ensino médio da Física Atômica e das partículas elementares no currículo do 2º grau.** In: CARUSO, F. SANTORO, A. Livro: Do Átomo Grego à Física das Interações Fundamentais. Trabalhos apresentados na I escola Internacional de Física de Altas Energias do LAFEX. Associação Internacional dos Amigos da Física Experimental de Altas Energias. Rio de Janeiro. 1994.

AULER, D. **Alfabetização Científico Tecnológica: um novo “paradigma”?**. Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 5. p. 1-16. 2003.

AULER, D. BAZZO, W. A. **Reflexões para Implementação do Movimento CTS no Contexto Educacional Brasileiro.** Ciência e Educação, vol. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

AULER, D. DELIZOICOV, D. **Alfabetização Científico Tecnológica Para Quê?** Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências. Vol 3. n.1, Jun. 2001.

BRASIL. Câmara de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Parecer CEB 15/98.** Disponível em: <<http://www.cefetce.br/Ensino/Cursos/Medio/parecerCEB15.htm>>. Acesso em: 23 de maio 2009.

BRASIL. Congresso. **Lei 9.394, de 20/12/96: Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.** Brasília: Presidência da República. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 20 julho 2008

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, 2002.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>> . Acesso em: 22 julho 2008.

BALTHAZAR, W. F. OLIVEIRA, A. L. **O LHC (Large Hadron Collider) e o uso da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade e História da Filosofia da Ciência, como proposta para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.** In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009. Formação Continuada de Professores em Serviço. 2009.

BOHR, N. **Física Atômica e Conhecimento Humano: ENSAIOS 1932-1957.** Tradução Vera Ribeiro. Editora Contraponto. 1 ed. p. 105. 1995. ISBN 978-85-85910-07-5

CARVALHO, A. M.. VANNUCCHI, A. **O Currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa.** Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 1. p. 3-19. 1996.

CASTRO, R.S. e CARVALHO, A. M.P. **História da Ciência: como usá-la num curso de segundo grau.** Caderno Catarinense Ensino de Física, v.9, n.3, p. 225-237. 1992.

CERN. **Organização Européia para Pesquisa Nuclear.** Disponível em: <http://public.web.cern.ch/Public/en/About/About-en.html>. Acesso em: 20 de julho de 2008.

CERNb. **Organização Européia para Pesquisa Nuclear.** Disponível em: <http://public.web.cern.ch/public/en/About/BasicScience3-en.html>>. Acesso em: 16 de outubro de 2009.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação.** Ijuí: Editora Unijuí, 2000. Bibliografia: p.432. ISBN 85-7429-145-5

CHAVES, A. SHELLARD, R. C. **Física para o Brasil: Pensando o Futuro.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física. Bibliografia: 2005. ISBN: 8589064042

COLL, C., 1986. **Hacia la elaboración de un modelo de diseño curricular,** *Cuadernos de Pedagogia.* 139 pp. 810. In: CARVALHO, Anna Maria de. VANNUCCHI, Andréa. O Currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa. Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 1. p. 3-19. 1996

FEYNMAN, R. P. **Física em seis lições: Fundamentos de Física explicados pelo seu mais brilhante Professor**. Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro. Ediouro. 2004. p. 39. ISBN 85-00-00479-7.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 27 ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2003a. ISBN: 85-219-0243-3.

FREIREb, P. **Pedagogia do Oprimido**. 35 ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2003b. ISBN 85-219-0005-8.

GASPAR, A.. **Física**. 1. ed., vol. único. São Paulo: Ed. Ática, 2005. 552 p. ISBN978 85 08 10943 0.

GILES, T. R. **Filosofia da Educação**. Editora Pedagógica e Universitária LTDA. 1 ed. 1983. ISBN 85-12-30290-9.

GUERRA, A. FREITAS, J. REIS, J. C. BRAGA, M. A. **A Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências a partir de uma perspectiva histórico-filosófica**. Caderno Catarinense de Ensino Física. Vol. 15, n. 1. p.32-46. Abr. 1998.

GUIMARÃES, G. M. A. ECHEVERRÍA, A. R. MORAES, I. J. **Modelos Didáticos no Discurso do Professores de Ciências**. Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 11. p. 303 a 322. 2006

JÚNIOR, O. C. **Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Média**. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Trad: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. Ed. Prespectiva. 9 ed. 2005. ISBN 85-273-0111-3.

KÖHNLEIN, J. F. K. PEDUZZI. **Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita**. Caderno Catarinense de Ensino Física. Vol. 22, n. 1. p.36-70. Abr. 2005.

KRASILCHIK, M. **Reformas e Realidade: o caso do Ensino de Ciências**. São Paulo em perspectiva. 2000. <http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n1/9805.pdf>

LOPES, J. L. **Do Átomo Pré-Socrático à Teoria da Relatividade**. In: CARUSO, F. SANTORO, A. Livro: Do Átomo Grego à Física das Interações Fundamentais. Trabalhos apresentados na I escola Internacional de Física de Altas Energias do LAFEX. Associação Internacional dos Amigos da Física Experimental de Altas Energias. Rio de Janeiro. 1994.

MALDANER, O. A.. ZANON, L. B.. AUTH, M. A. **Pesquisa sobre educação em ciências e formação de professores**. Livro: A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias. Org. Flávia Maria Teixeira dos Santos, Ileana Maria Greca. Ijuí: Ed. Unijuí, p. 124, 2007. Bibliografia: p. 49-88. ISBN 978-85-7429-647-0.

MARCONDES, D. **Iniciação à História da Filosofia: dos pré-socráticos a Wittgenstein**. 10. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2006. p. 34-35. ISBN: 85-7110-405-0.

MARCONI, M. A. LAKATOS E. M. **Metodologia Científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004. Bibliografia: p. 271. ISBN 85-224-3799-8.

MARTINS, A.F.P. **História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho...** Caderno Catarinense de Ensino Física. Vol. 24, n. 1. p.112. Abr. 2007.

MARTINS R. A. **Introdução: A História das Ciências e seus usos na educação**. In: SILVA, C. C. Livro: Estudos de História e Filosofia das Ciências. Editora Livraria da Física. Ed. 1. p. XVII. 2006. ISBN: 85-88325-57-8.

MATTHEWS, M.R. **História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Vol. 12, n.3. p.165-166. dez. 1995.

MÁXIMO, A. ALVARENGA, B. **Física**. 1. ed, vol. 1, 2 e 3. São Paulo: Ed. Scipione. 2008. ISBN 978-85-262-6506-3.

MOREIRA, M. A. **Partículas e Interações**. Física na Escola, v.5. n.2. p. 10-14. 2004. In: Coleção Explorando o Ensino; volume 7. 2006. ISBN: 85-98171-18-2.

MOREIRA, M. A. MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Ed. Centauro, 2001. p. 59. ISBN 85-88208-76-8.

MORIN, E. **A Cabeça Bem- Feita: Repensar e Reforma, Reformar o Pensamento.** Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 4 ed. P. 79. 2001

NEVES, M. C. D. **O resgate de uma história para o ensino de Física.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Vol. 9, n.3. p.221-224. dez. 1992.

OLIVEIRA, F. F. VIANNA, D. M.. GERBASSI, R. S. **Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OSTERMANN, F. CAVALCANTI, C. J. H.. **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.Vol. 16, n. 3. p. 267-286. 1999.

OSTERMANN, F. MOREIRA, M.A. **Uma pesquisa bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”.** Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 5,n.1. P. 33. 2000. ISSN 1518-8795.

OSTERMANN, F. MOREIRA, M. A. **Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol. 18, n. 2: p. 135 a 151, ago 2001.

PENTEADO, P. C. M. TORRES, C. M. A. **Física - Ciência e Tecnologia.** 1. ed., vol. único. São Paulo: Moderna, 2005. 230 p. ISBN 85-16-04691-5.

PERRENOUD, Philippe. **Formação Contínua e Obrigatoriedade de Competências na Profissão de Professor.** Série Idéias n.30. p. 205 a 251. São Paulo: FDE, 1998. Disponível em: <http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_30_p205-248_c.pdf>. Acesso em: 20 maio 2009

PINHEIRO, N.A.M. SILVEIRA R.M.C.F. BAZZO W.A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: a Relevância do Enfoque CTS para o Contexto o Ensino Médio.** Ciência e Educação. Vol. 13, n.1 p. 71. 2007.

PINTO, A.C., ZANETIC, J. **É possível levar a Física Quântica para o ensino médio?** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v.16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.

REZENDE, F., LOPES, A. M. A., EGG, J. M.. **Identificação de problemas do currículo, do ensino e da aprendizagem de Física e da Matemática a partir de discurso dos professores.** Ciência & Educação, v. 10, n.2, p. 185-196, 2004.

SAMPAIO, José L. P. CALÇADA, Caio Sérgio Vasques. **Universo da Física.** 1. ed, vol. 1, 2 e 3. São Paulo: Atual, 2008. ISBN 978-85-357-0590-4.

SANTOS, W. L. P. MORTIMER, E. F. **Uma análise dos pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira.** Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 2, n. 2. Dez. 2002.

SEQUEIRA, M. LEITE, L. **A História da Ciência no Ensino – Aprendizagem de Ciências.** Revista Portuguesa de Educação. Vol. 2. p. 29-40. 1988.

SGARBI, Paulo. **Avaliação do Currículo no Cotidiano.** Currículo sem Fronteiras, vol. 7, n. 2, p. 21-37. 2007. Disponível em: <http://www.curriculosemfronteiras.org/artigos.htm>.

SOLOMON, J. **Teaching science, technology and society.: developing science and technology education.** Philadelphia. Ed. Open University Press. 1993. 82 p. ISBN: 0-335-09952-1

TARDIF, Maurice. **Saberes Profissionais dos professores e conhecimentos universitários: Elementos para uma epistemologia prática profissional dos professores e suas conseqüências em relação ao magistério.** Revista Brasileira de Educação, nº13, p- 4-24. Jan/ Fev/ Mar/ Abr 2000

TERRAZAN, E. A. **A Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na Escola de 2º grau.** Cad.Cat.Ens.Fís., Florianópolis, v.9,n.3: p.209-214. Dez. 1992.

VANNUCCHI, A.I. **A relação Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Ciências.** Livro: Ensino de Ciências Unindo a Pesquisa e a Prática. Org. Ana Maria Pessoa de Carvalho. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 77. 2004. ISBN: 8522103534.

VON LINSINGEN, I. **O Enfoque CTS e a Educação Tecnológica: origens, razões e convergências curriculares.** In: XI Congreso Chileno de Ingeniería Mecánica - COCIM 2004, 2004, Antofagasta. Anais do COCIM 2004, 2004. v. 1. p. 1-11. Disponível em: <http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/CTS%20e%20EducTec.pdf>.

ZUIN, V. G. FREITAS, D. OLIVEIRA, M.R.G. PRUDÊNCIO, C.A.V. **Análise da perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade em materiais didáticos.** Ciências & Cognição. Vol. 13. p. 56-64. 2008. ISSN 1806-5821.

ANEXO I - QUESTIONÁRIO



Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Pesquisa sobre a Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

Prezado (a) Colega,

Este questionário é parte de uma Pesquisa Acadêmica que está em desenvolvimento no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PROPEC) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ. Essa pesquisa visa à obtenção de dados sobre Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio no Ensino Médio. O objetivo é avaliar a possibilidade de tópicos de Física Moderna e Contemporânea pertencerem ao currículo de Física no Ensino Médio.

1. O que você acha da Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

- Viável Inviável

2. Por quê?

3. Você já trabalhou tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

- Sim Não

4. Caso a resposta 1 seja sim, defina quais os temas você já trabalhou no Ensino Médio.

5. São vários os tópicos de Física Moderna e Contemporânea que podem ser trabalhados no Ensino Médio, um deles é Partículas Elementares. Você trabalharia esse tema com sua turma?

- Sim Não

6. Indique quais seriam as maiores dificuldades para trabalhar esses temas em sala de aula?

7. Você acha que trabalhar temas atuais no Ensino de Física, neste caso Física de partículas, pode contribuir para que o aluno se interesse mais pela Física?

- Sim Não

8. Se você recebesse um material de apoio para trabalhar com o tema Partículas Elementares a partir do Large Hadron Collider (LHC), você usaria este material?

- Sim Não

ANEXO II – SUGESTÃO DE ATIVIDADES I.

Tabela VII: Sugestão de atividades para parte I do texto.

Palestras e Discussões	Descrição das atividades	Tempo
1. Apresentar aos alunos o LHC e o modelo padrão de partículas elementares	<p>a. Converse com os alunos e apresente o LHC, o modelo padrão de partículas e suas interações. Utilize o material de apoio, a parte que fala do LHC e do modelo padrão. O objetivo é que o aluno tenha uma <u>visão geral</u> da proposta do trabalho. Dois pontos são importantes: 1º) valorizar a relação entre o LHC, a pesquisa no CERN e a sociedade. Mostre aos alunos as tecnologias desenvolvidas no complexo de aceleradores do CERN. 2º) ouvir o aluno e suas considerações sobre o mundo das pequenas partículas.</p>	40 min.
	<p>b. Após a palestra, a proposta é apresentar o vídeo partículas elementares, disponível em: http://www.tvcultura.com.br/particulas/index.php Outro vídeo interessante é o rap do LHC, disponível em: http://www.youtube.com/watch?v=NDfC7QHzMzQ, alguns alunos podem se interessar por cantar o rap, isso pode acontecer na próximo encontro. Obs: Caso ache o vídeo muito extenso para o seu tempo de aula você pode escolher alguns trechos.</p>	50 min.
	<p>c. Peça aos alunos que façam uma pesquisa para a próxima aula (veja a sugestão de referências para a pesquisa). A sugestão é dividir a turma em cinco grupos para pesquisar sobre os seguintes assuntos: 1. Os atomistas e a descoberta do elétron e do próton; 2. A interação eletromagnética e o modelo de Bohr; 3. Radiação e a interação nuclear fraca; 4. Interação nuclear forte e os quarks; 5. Interação eletrofraca, o LHC e o bóson de Higgs. 6. Tecnologias desenvolvidas no LHC e suas implicações para a sociedade. Obs.: Uma dica interessante é o site do CERN voltado para educação: http://education.web.cern.ch/education/</p>	10 min.
2. Promover em sala de aula uma apresentação sobre alguns tópicos pesquisados pelos alunos	<p>a. Peça que cada grupo explique os resultados de sua pesquisa em 10 min. Obs.: Os trabalhos feitos pelos alunos já podem ser uma forma de avaliação.</p>	60 min
	<p>b. Converse com os alunos sobre os que foi apresentado em sala de aula, se preferir após cada apresentação. Isso deve ser feito com vistas as próximas atividades, 2c e 3.</p>	30 min.

ANEXO III – SUGESTÃO DE ATIVIDADES II.

Tabela VIII: Sugestão de atividades para parte II do texto.

Palestras e Discussões	Descrição das atividades	Tempo
<p>1. Apresentar e discutir com alunos num enfoque histórico-filosófico como se desenvolveu nosso conhecimento sobre o mundo microscópico.</p>	<p>a. A idéia sugestão aqui é fazer uma apresentação aos alunos dentro do enfoque HFC proposto pelo texto, permitindo sempre o diálogo. Abaixo segue o nome dos slides 1 a 9 e a sugestão para alguns deles: Slide 1 – Título. Slide 2 – A proposta dos gregos. Slide 3 – O paradoxo de Zenão. É importante deixar claro, nesses 3 primeiros slides, que as hipóteses aqui levantadas não possuem evidências experimentais, mas ocorrem no mundo das idéias. Slide 4 – A descoberta do elétron. Slide 5 – Pudim de Ameixas. Slide 6 – A descoberta do próton. Slide 7 – Conclusões do experimento de Rutherford. Slide 8 – Modelo atômico de Rutherford. Acreditamos que duas informações sejam importante aqui: o átomo é divisível e como os físicos podem ver as partículas. Sugerimos como atividade: 1- Utilizar o software sobre o experimento de Thomsom e Rutherford e os respectivos modelos atômicos. O software está disponível em: http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Rutherford_Scattering Slide 9 – Problemas com o modelo de Rutherford.</p>	40 min.
	<p>b. Para os slides 10 a 33 matemos a sugestão dada para os slides anteriores . Slide 10 – A descoberta do fóton. http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Photoelectric_Effect Slide 11- O modelo de Bohr. Nesse trabalho paramos no átomo de Bohr, mas é importante lembrar o aluno que existem outros modelos mais completos. Slide 12 – Energia Relativística. Slide 13 – A descoberta do pósitron. Slide 14 – A descoberta do nêutron. Slide 15 – A descoberta do nêutron. Slide 16 – A descoberta do neutrino. Slide 17 – Interações Fundamentais. Slide 18 – Interação Eletromagnética.</p>	50 min.

Seria interessante levar um imã para a sala de aula, mostrando para o aluno a força que aparece dessa interação.

Slide 19 – Interação Nuclear Fraca.

Slide 20 – Interação Nuclear Forte.

Uma idéia que achamos interessante seria amarrar dois imãs com dois elásticos ou velcro, mostrando que apesar da repulsão devido a interação eletromagnética, uma interação mais forte ocorre no núcleo, quanto maior for a distância entre os quarks (vale lembrar que essa experiência é só uma analogia).

Slide 21 – Descoberta do méson π .

Slide 22 – Interação Nuclear Forte.

Slide 23 – Hádrons são formados por quarks.

Slide 24 – Partículas são Léptons ou Hádrons.

Slide 25 – Decaimento β^- .

Slide 26 – Interação Eletrofraca e o bóson de Higgs.

Slide 27 – Interação Eletrofraca e o bóson de Higgs.

Slide 28 – Uma analogia para o bóson de Higgs.

Slide 29 – Uma analogia para o bóson de Higgs.

Slide 30 – Uma analogia para o bóson de Higgs.

É importante lembrar que o bóson de Higgs é a última partícula do modelo padrão a ser descoberta, para outras partículas serem descobertas serão necessários outros modelos.

Slide 31 – Considerações Finais.

Slide 32 – Considerações Finais.

ANEXO IV – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO POR (AM, FM, LF, PL, PM)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Prezado (a) Colega,

Este questionário é parte de uma Pesquisa Acadêmica que está sendo desenvolvida no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PROPEC) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ. Essa pesquisa visa à obtenção de dados sobre a Pesquisa **Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC**.

Você está recebendo junto a este questionário um texto que foi produzido como *uma das etapas* do projeto de pesquisa, com objetivo de servir como de apoio para que professor e alunos possam trabalhar esse tema e sala de aula.

Apresentamos este questionário com o objetivo de que o texto escrito seja avaliado por professores, alunos e licenciandos, com relação a sua qualidade, as possibilidades de utilização em sala de aula e eventuais sugestões para o trabalho.

O texto está dividido em duas partes:

Parte I - discute o “Large Hadron Collider (LHC) e o Modelo Padrão de Partículas”, tem por objetivo dar uma visão geral do LHC e sua relação com a ciência, a tecnologia e a sociedade, da proposta de trabalho. Destacando a importância do modelo padrão para desenvolvimento do conhecimento em Física de Partículas.

Parte II – discute as “Partículas Elementares e Interações Fundamentais”, tem por objetivo discutir numa abordagem histórica e Filosófica a forma como se construiu o atual modelo padrão e nosso conhecimento sobre as partículas elementares, destacando a importância e as limitações na construção de modelos que interpretem nosso mundo microscópico.

Não serão apresentadas nesse texto as abordagens metodológicas que propusemos para esse trabalho, nem outros recursos didáticos (vídeos, slides e softwares), nem planos de aula ou qualquer tipo de sugestão como quando e onde o material poderá ser utilizado, essa é uma outra etapa o projeto. Desta forma, esta avaliação se restringirá unicamente ao texto apresentado.

Desde já agradeço a sua participação nessa pesquisa,

Cordialmente,

Wagner Franklin Balthazar

Mestrando em ensino de Ciências - Modalidade Física

Questionário

1. Nome: _____ Idade: _____

2. Data: ____ / ____ / ____

3. Profissão:

() Professor de Física () Licenciando em Física () Aluno de Ensino Médio

4. Caso você seja professor de Física, em quais instituições você trabalha ou trabalhou? Há quanto tempo você exerce a profissão?

5. Caso você seja Licenciando em Física, em qual universidade você estuda e em qual período se encontra?

6. Caso você seja aluno, em qual escola você estuda e em qual série se encontra?

