



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA E O
ENSINO DE MATEMÁTICA

MÔNICA BORDIM SANCHES

A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO:
QUAL SUA PRESENÇA EM SALA DE AULA?

Maringá

2006

MÔNICA BORDIM SANCHES

**A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO:
QUAL SUA PRESENÇA EM SALA DE AULA?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves

Maringá

2006

MÔNICA BORDIM SANCHES

**A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO:
QUAL SUA PRESENÇA EM SALA DE AULA?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Prof. Dr. André Koch Torres de Assis
Universidade de Campinas - UNICAMP

Prof. Dra. Polônia Altoé Fusinato
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Maringá, 18 de dezembro de 2006.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu noivo, a
minha família e amigos, que sempre
me apoiaram e me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves, pela orientação, paciência e pelas suas observações que me guiaram na realização desse trabalho.

Aos professores, funcionários e alunos do Colégio Estadual Monteiro Lobato, Colégio Estadual Santa Maria Goretti e Centro de Aplicação Pedagógica - CAP, por aceitaram gentilmente, colaborar com suas experiências para a realização desse trabalho.

Ao Programa de Mestrado em Educação para o Ensino de Ciências e Matemática, professores, colegas e funcionários, pelos ensinamentos e companheirismo.

Ao meu noivo Moisés, pelo amor, incentivo e por ter compartilhado comigo todos os momentos felizes e difíceis durante o curso de Mestrado.

À minha grande amiga Elizandra, pela ajuda e paciência, compartilhando comigo todos os momentos da pesquisa.

Aos meus pais e minhas duas irmãs pelo amor, companheirismo, incentivo, no decorrer do curso.

À CAPES pelo suporte financeiro nos últimos 2 anos.

E a todos aqueles que contribuiriam, diretamente ou indiretamente, para a realização desse trabalho.

RESUMO

O problema abordado nesse trabalho refere-se à situação em que se encontra o ensino de Física no nível médio envolvendo a Física Moderna e Contemporânea (FMC). Com esse objetivo, verificamos junto a professores, alunos e livros didáticos, qual a presença da FMC em sala de aula. Essas três instâncias, professores, alunos e material didático são peças-chaves para a compreensão da complexidade do processo de ensino-aprendizagem, permitindo-nos conhecer os processos que envolvem a construção do conhecimento e que acabam por desaguar numa busca importante, que é a da renovação curricular da Física no Ensino Médio. Para atingir esses objetivos, analisamos doze livros didáticos usados pelos professores da rede pública de ensino, a fim de verificar como a FMC é abordada nesses livros. Para conhecer as idéias que os alunos e professores trazem sobre esse tema foram utilizados dois questionários: um para os professores e outro para os alunos a respeito de diferentes tópicos que compõem essa complexa temática. Os dados foram analisados a partir de técnicas de Análise de Conteúdo.

A partir dos resultados, concluímos que existe uma tentativa de inserção da FMC no Ensino Médio por parte dos livros didáticos, mas a abordagem que encontramos nos livros analisados ainda é muito inadequada. Quanto aos professores, verificamos que, apesar de não estarem preparados para abordar FMC em sala de aula e listarem uma série de dificuldades para essa renovação curricular, concordam que o currículo de Física precisa passar por uma revisão inserindo nele tópicos novos.

Por meio do questionário respondido pelos alunos, conseguimos confirmar, mais uma vez, a hipótese de que o ensino não está estimulando a curiosidade e a capacidade cognitiva do aluno; ao contrário, provoca o distanciamento dos estudantes em relação aos conteúdos abordados pela Física. Além disso, os alunos freqüentemente apresentam quadros conceituais confusos sobre temas de Física Moderna e Contemporânea.

Concluímos, pois, que o modo como o ensino vem sendo conduzido, com livros didáticos voltados para uma formulização/matematização padrão excessiva, excluindo fenômenos e conceitos, somado a uma carga horária reduzida e à formação deficiente dos professores, o ensino de Física continuará a desempenhar um papel pouco significativo na formação do aluno, excluindo essa disciplina de uma cognição mais ampla e de uma concepção de mundo que inclua sua cotidianidade.

ABSTRACT

The issue discussed in this essay deals with the teaching of Physics, with special regard to Modern and Contemporary Physics (MCF) at the upper high school. Its actuality in the classroom has been verified in the context of teachers, students and textbooks which are extremely important for the understanding of the complexity of the teaching-learning process. In fact, the processes that involve the construction processes of knowledge, which lead towards the curricular updating of Physics in the upper high school, are revealed.

Twelve textbooks used by teachers of the government public schools have been analyzed so that the manner MCF is being approached in the books may be debated. Two questionnaires, for students and teachers respectively, on the different topics that make up this complex theme have also been applied so that the students' and teachers' ideas on the subject may be known. Data have been analyzed by Content Analysis techniques.

Results show that textbooks reveal that there has been an MCF insertion within the upper high school even though their approach is highly inadequate. Further, although they are unprepared to deal with MCF in the classroom and although they have listed a number of issues in the context of curricular updating, teachers agree that the Physics curriculum should be thoroughly revised and new topics inserted.

The students' questionnaires confirmed once more the hypothesis that teaching fails to stimulate the curiosity and the cognitive capacity of the student. In fact, it is the cause of their distancing from the contents dealt with in Physics. They also present ambiguous concepts on MCF themes.

It may be concluded that the manner the teaching of Physics is dealt with, or rather, Physics textbooks with an excessive insistence on formulas and mathematics coupled to an exclusion of phenomena and concepts, reduced hour load and deficient teachers' training, its role will continue to be low key in students' training. In fact, a wider cognition of the discipline and a world view which includes daily issues will remain utterly excluded.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	09
CAPÍTULO I	14
A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio	14
I – A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio – leis, diretrizes e parâmetros curriculares.....	14
II – Revisão de literatura sobre a linha de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”.....	18
CAPÍTULO II	33
Os encaminhamentos metodológicos	33
I – A pesquisa.....	33
II – Análise de conteúdo.....	35
CAPÍTULO III	42
Livros didáticos e o pensamento de professores e alunos do Ensino Médio a respeito da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio	42
I – Livros didáticos de Ensino Médio: uma análise qualitativa.....	42
II – O pensamento dos professores a respeito da inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.....	55
III – O conhecimento que os alunos apresentam sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea.....	69
CONCLUSÕES	88

REFERÊNCIAS	93
--------------------------	----

ANEXOS	102
---------------------	-----

Anexo I	103
---------------	-----

Anexo II	104
----------------	-----

APÊNDICE	105
-----------------------	-----

Anexo I	106
---------------	-----

Anexo II	107
----------------	-----

Anexo III	108
-----------------	-----

INTRODUÇÃO

A Física é uma das ciências que investiga, por excelência, a natureza dos fenômenos da natureza e, além do seu próprio campo de pesquisa, ela age como ciência transversalizadora para outras áreas do conhecimento como a Química, a Astronomia, a Geografia e a Biologia. Ela é um dos mais claros exemplos da construção de conhecimento humano. Assim, nada mais natural em pensar-se na democratização do conhecimento e na acessibilidade de todo cidadão a esse conhecimento. No entanto, quando se dá o início formal do processo de ensino-aprendizagem desse conhecimento no ensino de nível médio, a escola encontra-se despreparada para propiciar ao estudante estímulos que o levem não somente à construção de uma nova concepção de mundo como, também, e, sobretudo, a uma ciência que possa ser empregada em sua vida cotidiana.

Dessa forma, é necessário pensar o currículo do Ensino Médio como a peça-chave para que o aluno se torne um cidadão pleno, consciente e participativo na sociedade. No entanto, quando analisamos o currículo de nível médio, observamos que esse papel não tem sido cumprido a contento. Não é difícil constatar que o ensino secundário, principalmente o da rede pública, encontra-se em situação alarmante (OSTERMANN, 1999a). A situação, hoje, na educação pública brasileira demonstra que os professores possuem uma formação deficiente e, conseqüentemente, os alunos não consolidam uma base suficiente para a construção não somente do conhecimento da Física, mas do conhecimento como uma trama interdisciplinar e doadora de significados ao mundo que os rodeia.

Em razão desses problemas, desde a década de 70, pesquisas na área de ensino de Física vêm sendo realizadas com o objetivo de promover mudanças curriculares, como a inserção da História da Ciência¹, Física Moderna² e discussões acerca da Ciência, Tecnologia e

¹ Danhoni Neves (1992, 1998); Silva e Martins (2003).

² Arons (1990); Alvetti (1999); Araújo e Abib (2003); Cavalcante e Benedetto (1999); Cavalcante et al (1999); Canato Jr. (2003); Fischler e Lichtfeldt (1992); Gil et al (1988 *apud* OSTERMANN, 1999 a); Gil e Solbes (1993 *apud* OSTERMANN, 199 a); Machado (2006); Ostermann (1999 a e b); Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998); Ostermann e Cavalcanti (1999); Ostermann; Moreira (2000); Rezende e Ostermann (2004); Ostermann e Ricci (2004); Pinto e Zanetic (1999); Peduzzi e Basso (2005); Stannard (1990 *apud* OSTERMANN, 1999 a); Terrazan (1992); Valadares e Moreira (1998); Veit et al (1987).

Sociedade³ no Ensino Médio. Essas pesquisas propõem, em última instância, a renovação dos conteúdos existentes nos programas tradicionais da Física na escola.

Para os fins a que se dedica a presente dissertação, dirigiremos nosso olhar para a Física Moderna e Contemporânea, levando em conta a seguinte divisão: *Física Clássica*, que vai dos trabalhos de Galileu até o final do século XIX, e *Física Moderna*, compreendida entre o final do século XIX até meados da década de vinte do século XX. A partir desse momento, poderíamos classificar a etapa que abrange os estudos derivados dessa ciência de *Física Contemporânea*.

O conjunto de idéias reunidas na Física Moderna e Contemporânea [*daqui por diante, FMC*] que engloba a Teoria da relatividade, a Mecânica Quântica, a Física Nuclear, a Física das Partículas, a Cosmologia, tópicos como efeito fotoelétrico, radioatividade, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, raios X, semicondutores e supercondutores, lasers, big bang, fibras ópticas entre outros não são contemplados nos deficientes currículos de Ensino Médio. (SANCHES *et al.*, 2005, 2006).

No Ensino Médio são abordados somente tópicos relativos à Física Clássica, que é dividida em blocos envolvendo as grandes áreas como: Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo. Na prática pedagógica de nossas escolas, esses blocos reduzem-se à Cinemática, às Leis de Newton, à Termologia, à Óptica Geométrica, à Eletricidade e aos Circuitos Simples.

Dessa forma, toda a Física desenvolvida a partir do final do século XIX está excluída do Ensino Médio, restringindo sobremaneira a compreensão do mundo em que vivemos, anacronizando-o num certo sentido, pois a revolução desencadeada pela Física Moderna atingiu, por exemplo, as concepções de espaço, tempo, massa e energia, o entendimento quanto à estrutura do átomo e a compreensão sobre a própria origem e evolução do Universo. Com base em seus princípios, surgiram tecnologias cuja importância se destaca no dia-a-dia, tais como o transistor, essencial nos computadores; o laser, utilizado nas telecomunicações e em tratamentos médicos; as usinas nucleares, com seus benefícios e riscos associados etc.

Entretanto, apesar do quadro aparentemente desalentador, já existem várias pesquisas propugnando a atualização curricular da Física no Ensino Médio, em nível nacional e

³ Angotti e Auth (2001); Gouvêa e Leal (2001); Sá (2006); Teixeira (2003); Vieira e Vieira (2005).

internacional, a fim de inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea (ALMEIDA, 1999; CAVALCANTE; BENEDETTO, 1999; CAVALCANTE; JARDIM; OSTERMANN; MOREIRA, 1999; GIL *et al.*, 1988 *apud* Ostermann, 1999a; MACHADO, 2006; OSTERMANN; MOREIRA, 2000;). Esses estudos abordam a problemática sobre várias vertentes, tais como: questões metodológicas e epistemológicas referentes ao ensino de Física Moderna e Contemporânea, concepções alternativas de estudantes, temas de FMC apresentados como bibliografia de consulta para professores de nível médio etc. Tais vertentes têm gerado, invariavelmente, discussões sobre a inserção da FMC no Ensino Médio.

Em alguns países, o currículo secundário já sofreu mudanças. De acordo com Ostermann (1999 a) “em vários países desenvolvidos já foi superada a etapa de ‘levantamento de justificativas’ para a inserção da FMC e seus sistemas escolares contemplam nos currículos, quase sem exceção, o tratamento de tópicos modernos”. Segundo Canato Jr. (2003), a Inglaterra e alguns países do Reino Unido sofreram, em 2000, mudanças curriculares nas quais a FMC aparece como parte fundamental. No Brasil, no entanto, o processo é mais lento. Existem iniciativas, mas nada de concreto ainda foi realizado.

A LDB de 1996, por exemplo, já definia que “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (LDB, artigo 35, inciso IV), deveria ser uma das finalidades do Ensino Médio no país, que deveria ser organizado de forma que, em sua conclusão, o educando demonstrasse, entre outros aspectos, o “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna” (LDB, artigo 36, § 1º, inciso I).

Em suas propostas, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) ressaltam a importância de renovar os currículos escolares, pois “para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais” (BRASIL, 1999, p. 209).

O documento defende um ensino que traga para a sala de aula idéias atuais e capazes de contribuir para a formação abrangente do estudante, permitindo-lhe compreender princípios básicos da Ciência e habilitando-o a participar de debates envolvendo questões científicas e tecnológicas que repercutam na sociedade e no ambiente.

Porém, para que esses objetivos sejam atingidos alguns obstáculos precisam ser superados, como a necessidade de privilegiarem-se leis gerais e conceitos fundamentais exigindo pouca matematização; a compatibilidade do estudo da Física Clássica e da Física Moderna dentro da mesma programação; a falta de professores preparados para o ensino da Física Moderna; a questão da carga horária dedicada às aulas de Física no ensino público que é muito reduzida; os conteúdos que são abordados no livro didático.

Levando em consideração toda essa movimentação no sentido de inserir tópicos de FMC no nível médio, o presente trabalho terá como objetivos verificar qual a presença da FMC em sala de aula, verificar os conteúdos de FMC em livros didáticos, verificar o que os professores do Ensino Médio pensam a esse respeito, e o que os alunos conhecem sobre esses tópicos, a partir de suas próprias vivências.

Assim, para a realização desse trabalho, algumas etapas foram cumpridas. A primeira delas consistiu em fazer uma revisão bibliográfica sobre a linha de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, presentes em artigos de revistas, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e páginas web que abordam essa questão. O objetivo dessa etapa foi o de verificar alguns aspectos relevantes para a pesquisa, tais como: as justificativas que os autores trazem para a inserção da FMC, as questões metodológicas e epistemológicas referentes ao ensino de FMC, as propostas feitas por diferentes autores a respeito da inserção da FMC no Ensino Médio, e, também, a de verificar quais propostas já foram testadas e os resultados alcançados. Essa revisão está apresentada no capítulo 1, onde aparecem, também, as proposta contidas nas Leis, Diretrizes e Parâmetros Curriculares Nacionais sobre o ensino de Física do Ensino Médio.

Considerando que o livro didático é uma referência básica nas aulas de Física, pois representa a principal, senão a única fonte de consulta do professor na preparação de suas aulas, e que, na maioria das vezes, é ele o livro que define a seqüência e conteúdos a serem trabalhados em sala de aula, procedemos à análise de doze textos. A maioria desses livros são muito utilizados por professores da rede pública de ensino. O objetivo da análise foi averiguar os potenciais temas de FMC presentes nesses textos e o modo como são abordados.

A próxima etapa foi aplicar um questionário a seis professores da rede estadual, para verificarmos quais suas crenças a respeito da FMC, seu preparo para o ensino de FMC e sobre a existência de alguma abordagem desse tema em sala de aula.

Em relação à questão do levantamento de crenças que animam os estudantes, um questionário foi aplicado a quarenta e sete alunos matriculados no terceiro ano do Ensino Médio de três escolas públicas da região noroeste do Paraná. Por meio das respostas desse questionário, averiguamos se os mesmos reconhecem a diferença entre a Física Clássica e a Física Moderna e o interesse, por parte dos alunos, na inserção de FMC no currículo de Física. Além disso, mapeamos o status conceitual de determinados e relevantes tópicos de FMC, como efeito fotoelétrico, radioatividade, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, teoria da relatividade, raios X, laser, supercondutores e semicondutores.

Neste trabalho, a construção e sistematização dos dados foram norteadas por um procedimento de natureza exploratória, seguida de análise e discussão apoiadas nas orientações qualitativas de pesquisa sugeridas por Lüdke e André (1986) e de técnicas de ‘Análise de Conteúdo’ definidas por Bardin (1977). Os procedimentos metodológicos e a definição de Análise de Conteúdo são apresentadas no capítulo 2.

No capítulo 3 são reunidos os resultados da análise de livros, assim como aqueles derivados dos questionários respondidos pelos professores e pelos alunos. São apresentados nesse capítulo, os resultados de como se encontra a situação de ensino de FMC atualmente. A última parte da presente dissertação apresenta as conclusões mais relevantes efetuadas a partir dos dados levantados na pesquisa.

Resumindo, o problema abordado nesse trabalho foi aquele relativo à situação em que se encontra o ensino de Física no nível médio envolvendo a FMC. Com esse objetivo, verificamos junto a professores, alunos e livros didáticos, qual a presença da FMC em sala de aula. Esses três fatores são peças-chaves para a compreensão da complexidade do processo de ensino-aprendizagem, fazendo-nos intuir acerca de processos que envolvem a construção do conhecimento e que acabam por desaguar numa busca importante, que é a da renovação curricular da Física no Ensino Médio.

CAPÍTULO I

A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

I – A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO – LEIS, DIRETRIZES E PARÂMETROS CURRICULARES.

As leis, diretrizes e parâmetros curriculares da educação nacional deixam evidentes suas propostas de inclusão da FMC no nível médio. A LDB, de 1996, por exemplo, já definia que “a compreensão dos fundamentos científicos-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (LDB, artigo 35, inciso IV), deveria ser uma das finalidades do Ensino Médio, no país, devendo ser organizados de forma que, em sua conclusão, o educando demonstre, entre outros aspectos, o “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna” (LDB, artigo 36, § 1º, inciso I).

A LDB/96, que considera o Ensino Médio como a última e complementar etapa do Ensino Fundamental, e a Resolução CNE/98, que instituiu as Diretrizes Curriculares, apontam de que modo o aprendizado de Ciências e de Matemática, já iniciado no Ensino Fundamental, deve encontrar a complementação no Ensino Médio.

A proposta dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) deu um novo sentido ao ensino de Física na escola média, pois esse documento procura apresentar entre um dos seus objetivos:

uma proposta para o ensino Médio que, sem ser profissionalizante, efetivamente propicie um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de

aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade. (BRASIL, 1999, p. 203)

No referencial dos PCNs, o conhecimento da Física, incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, é parte indispensável à formação da cidadania contemporânea. O ensino dessa disciplina “deve contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais” (BRASIL, 1999, p.229):

Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo (BRASIL, 1999, p. 207).

Em suas propostas, os PCNs ressaltam a importância de renovarem-se os currículos escolares, pois “para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais” (BRASIL, 1999, p. 209). Também destacam que “não se trata de se incorporar elementos da ciência contemporânea simplesmente por conta de sua importância instrumental utilitária [...] e sim, de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada” (BRASIL, 1999, p. 209).

O documento também expõe a maneira como os conteúdos de Física vêm sendo abordados nas salas de aulas, enfatizando a utilização de fórmulas e insistindo em resolução de exercícios repetitivos. Desse modo, “é preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada” (BRASIL, 1999, p. 230). Assim, é necessário promover competências para que os jovens sejam capazes de avaliar a veracidade de informações ou para emitir opiniões de juízos de valor em relação a situações em que os aspectos físicos são relevantes:

[...] o aprendizado de física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas [...], notícias como uma missão espacial, uma possível colisão de um asteróide com a Terra, um novo método para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular [...] (BRASIL, 1999, p. 235)

Para cumprir o que é estipulado pela LDB e proposto pelos PCNs, a escola de nível médio deve propiciar a seus alunos diversos tópicos de FMC. Para compreenderem-se os princípios científicos e tecnológicos envolvidos na robotização industrial, é preciso entender o comportamento de materiais supercondutores, que formam a base dos chips microeletrônicos. Para entender a transmissão por fibras óticas, é necessário um conhecimento básico da técnica *laser*. Para entender técnicas novas de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o estudante precisa conhecer os tópicos básicos da radioatividade. Esses são apenas alguns de muitos exemplos que poderíamos citar e que demonstram a necessidade de se inserir a Física do século XX nos currículos de nível médio.

Em maio de 2005, uma proposta apresentada durante o “Encontro de Diretrizes para o Ensino Médio do Paraná”, promovido pelo Departamento de Ensino Médio (DEM) estabelecia que conteúdos de FMC deveriam ser incorporados nos currículos de Física do Ensino Médio. Essa proposta baseava-se numa lista de conteúdos batizados de “estruturantes”: Momentum e Impulso, Conservação do momentum, Energia e Leis de Newton; Mecânica dos fluidos; Termodinâmica; Ondulatória; Óptica; Eletromagnetismo. A abordagem da FMC está inserida no desenvolvimento desses campos. Os possíveis desdobramentos dos conteúdos estão indicados na tabela 1.

Tabela 1: Conteúdos estruturantes e desdobramentos (PARANÁ, 2005, p. 11-12)

Conteúdo estruturante	Possíveis desdobramentos
Momentum e Impulso	Conceitos Fundamentais: espaço (referenciais, posição, etc.), tempo e massa; paradigma newtoniano; posição e tempo: deslocamento, velocidade, referenciais inerciais e não inerciais, espaço tempo à luz da relatividade (Galileana, Newtoniana e de Einstein-quadrivetor espaço-tempo); momentum; impulso.
Conservação do momentum e energia, leis de Newton	Conservação do Momentum e aplicações; Variação do momentum/força; Variação do momentum (variação e/ou não-variação da massa mediante efeitos relativísticos); Leis de Newton; trabalho e energia; conservação da energia.
Mecânica dos fluídos	Propriedades físicas da matéria, estados de agregação e da dinâmica de movimento e viscosidade de fluidos.
Física térmica	Lei zero da termodinâmica; 1ª lei da termodinâmica; 2ª lei da termodinâmica
Ondulatória	Refração e reflexão de ondas, interferência e difração
Óptica	Natureza da luz, efeito fotoelétrico, quanta de luz
Eletromagnetismo	Eletricidade e magnetismo

Assim, verificamos que a inserção da FMC no currículo de Física do Ensino Médio está presente nos PCNs e nas Orientações Curriculares do Paraná, mas a maioria dos alunos das escolas estaduais, ainda não é contemplada com essa parte da Física. A questão é, quais são os obstáculos que ainda impedem essa inserção?

Como veremos no próximo item, além dos PCNs e das orientações curriculares do Paraná (que carecem de uma visão histórica e epistemológica da construção do conhecimento científico), são muitos os pesquisadores (ALVETTI, 1999; CANATO JR., 2003; MACHADO, 2006; OSTERMANN, 1999 a; TERRAZZAN, 1992; ZANETIC, 1999) do ensino de Física, professores de Ensino Médio e Superior, físicos, entre outros que defendem a atualização curricular da Física no Ensino Médio por meio da inserção da FMC nesse currículo.

II – REVISÃO DE LITERATURA SOBRE A LINHA DE PESQUISA “FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO”

Inauguramos recentemente o século XXI, e os conteúdos de FMC continuam ausentes da Física do Ensino Médio. Segundo Alvetti (1999), desde a década de 70, a pesquisa na área de ensino de Física vem desenvolvendo parte de sua produção voltada para as novas perspectivas curriculares, que são a inserção da História da Ciência⁴, a Física Moderna e discussões acerca da Ciência e a Tecnologia e Sociedade⁵ no Ensino Médio. Mas, foi somente a partir de meados da década de oitenta que a linha de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio começou a questionar, com maior intensidade, os temas de Física tradicionalmente ensinados nas escolas (OSTERMANN, 1999 a, p. 2). Desde então, várias pesquisas estão sendo realizadas a respeito dessa temática⁶. Assim, podemos observar que existe uma constante preocupação, tanto em âmbito nacional como internacional, em renovar os currículos de Física da escola de Ensino Médio:

Nos Estados Unidos e, provavelmente em nível internacional, a preocupação com o ensino de FMC nas escolas e nos cursos universitários introdutórios começou, ou intensificou-se, com a “Conferência sobre o Ensino de Física Moderna”, realizada no Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia, Illinois, em abril de 1986, na qual, aproximadamente, 100 professores interagiram com cerca de 15 físicos. O objetivo específico da conferência era promover a abordagem de tópicos de pesquisa em Física, em especial Física de Partículas e Cosmologia, no ensino médio e em curso introdutórios de graduação (AUBRECHT, 1986 *apud* OSTERMANN, 1999 a, p. 8-9)

Alvetti assevera que:

⁴ Danhoni Neves (1992, 1998); Silva e Martins (2003).

⁵ Angotti e Auth (2001); Gouvêa e Leal (2001); Sá (2006); Teixeira (2003); Vieira e Vieira (2005).

⁶ Arons (1990); Alvetti (1999); Araújo e Abib (2003); Cavalcante e Benedetto (1999); Cavalcante et al (1999); Canato Jr. (2003); Fischler e Lichtfeldt (1992); Gil et al (1988); Gil e Solbes (1993); Machado (2006); Ostermann (1999); Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998); Ostermann e Cavalcanti (1999); Ostermann; Moreira (2000); Ostermann e Rezende (2004); Ostermann e Ricci (2004); Pinto e Zanetic (1999); Peduzzi e Basso (2005); Stannard (1990); Terrazan (1992); Valadares e Moreira (1998); Veit et al (1987).

No Brasil, algumas iniciativas pioneiras vem contribuindo para inserir assuntos da FMC no ensino médio. Tomando-se como base os trabalhos apresentados no XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado em Belo Horizonte, em janeiro de 1997, pode-se constatar que dos mais de duzentos trabalhos inscritos (entre comunicações orais e painéis), pelo menos 20 se referiam diretamente ao ensino de FMC, seja ao nível de formação de professores ou para utilização no processo de ensino-aprendizagem (ALVETTI, 1999, p. 48-49).

Segundo Canato Jr. (2003), a Inglaterra e alguns países do Reino Unido sofreram, em 2000, mudanças curriculares. Desde setembro desse ano, os cursos de Advanced level (A-level)⁷ foram divididos em duas partes correspondentes a dois exames de qualificação, que são o Advanced Subsidiary (AS), relativo a conteúdos trabalhados no primeiro ano e o A2 realizado ao final do segundo ano, sendo que em ambos os exames, a FMC aparece como conteúdo fundamental.

Dobson (2000, *apud* CANATO Jr. 2003) ressaltam que, no ano letivo 2000/2001, alunos de cerca de 350 escolas do Reino Unido seguiram o curso AS, elaborado pelo UK Institute of Physics, com uma proposta inédita de Física Quântica, a partir do modelo descrito no livro *QED: The Strange Theory of Light and Matter*, Feynmann (1985) sobre os caminhos para que luz e elétron, saindo de “A” cheguem em “B”.

Araújo e Abib (2003) fizeram uma análise em 106 artigos publicados na década compreendida entre 1992 e 2001, em dois periódicos de ensino de Física nacionais, o Caderno Catarinense de Ensino de Física⁸ e a Revista Brasileira de Ensino de Física. Um dos objetivos da análise foi verificar quais áreas de conhecimento apareciam com mais frequência. Entre as áreas de destaque, a Física Moderna ficou em quarto lugar, com 7,6% do total, ficando em sua frente a Mecânica com 30,4%, a Óptica, com 22,8% e a Eletricidade e o Magnetismo, com 20,7%. A esse respeito, os autores destacam que existe um “predomínio de trabalhos na área de Mecânica [...] em virtude da vasta gama de possibilidades de temas que podem ser explorados nesta área e da importância com que esta é normalmente abordada nos cursos de ensino médio” (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 178):

⁷ A-Level é um curso pré-universitário dirigido a estudantes entre 16 e 18 anos, com dois anos de duração.

⁸ Essa revista teve seu nome modificado recentemente para Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

Merece ainda destaque o pequeno número de trabalhos sobre conceitos de Física Moderna, pois embora esse tema não seja normalmente abordado no ensino médio, o que pode ser justificado em grande parte pelas deficiências formativas dos professores, a sua inclusão nos programas curriculares certamente constituiria uma excelente maneira de possibilitar que os estudantes compreendam diversos fenômenos e situações observadas em seu dia a dia, uma vez que o emprego de equipamentos e tecnologias modernas normalmente foram possibilitadas pela aplicação de conhecimentos relacionados com esses tópicos, como o efeito fotoelétrico, laser, entre outros (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 178).

Na primeira metade da década de 1990, propostas e trabalhos apresentados em diversos encontros científicos nacionais e internacionais sobre ensino de Física (SNEF, EPEF, RELAEF, REF, ENSEÑANZA, GIREP)⁹ levantaram discussões acerca das possíveis inovações e tendências necessárias ao currículo do Ensino Médio (CARVALHO e VANNUCCHI, 1995). Nesses encontros, começavam a se delinear as tentativas de inclusão da FMC no currículo, deixando evidente a necessidade de a escola integrar-se ao mundo atual e a de preparar o aluno para conviver em uma sociedade em que os conhecimentos científicos e a capacidade de utilizar diferentes tecnologias são fundamentais.

Nesse sentido, a presente revisão busca verificar quais os aspectos destacados nas referências consultadas, tais como: justificativas para a inserção da FMC no ensino de nível médio, questões metodológicas e epistemológicas referentes ao ensino de FMC, concepções alternativas de estudantes, temas de FMC apresentados como bibliografia de consulta para professores de Ensino Médio, propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados, livros didáticos que abordam tópicos de FMC etc. Tais vertentes têm gerado, invariavelmente, discussões sobre a inserção da FMC no Ensino Médio.

Na literatura, encontramos inúmeras justificativas¹⁰ para a inserção de FMC no Ensino Médio. Na Conferência Interamericana sobre Educação em Física (BAROJAS, *apud*

⁹ SNEF: Simpósio Nacional de Ensino de Física, EPEF: Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, RELAEF: Reunião Latino-Americana sobre Educação em Física, REFs: Reunión Nacional de Educación en la Física, Revista Enseñanza de las Ciencias, GIREP: Groupe International de Recherche sur l'enseignement de la Physique.

¹⁰ Para Terrazzan (1994 *apud* OSTERMANN, 1999 a), a tendência de atualizar-se o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo. Gil et al. (1988 *apud* OSTERMANN, 1999 a) acreditam que o ensino de FMC a alunos secundaristas se reveste de grande importância, uma vez que a introdução de conceitos atuais de Física pode contribuir para dar uma imagem mais apropriada e produtiva dessa ciência e da própria natureza do trabalho científico.

OSTERMANN, 1999 a, p. 9), foi organizado um grupo de trabalho para discutir o Ensino de Física Moderna. Na discussão, foram levantados vários motivos para a introdução de tópicos modernos no Ensino Médio, como:

Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;

Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;

É de o maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;

É mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;

Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la (BAROJAS, *apud* OSTERMANN, 1999, p. 9).

Terrazan (1994, *apud* CANATO Jr., 1999) faz uma análise detalhada de alguns projetos de ensino, tanto nacionais como internacionais. Entre os nacionais, o projeto GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (1993-1995) ganha destaque, pois além de ser inovador quanto à ordenação dos tópicos de Física Clássica, também aborda temas de FMC. Outros projetos também foram mencionados por Terrazan, como o PEF (Projeto de Ensino de Física), o PBEF (Projeto Brasileiro de Ensino de Física) e o FAI (Física Auto-Instrutiva) que são citados como precursores nacionais da introdução de conceitos modernos da Física.

Quanto aos projetos internacionais, Terrazan (1994, *apud* CANATO Jr., 1999, p. 14) ainda destaca quatro trabalhos de grande repercussão, desenvolvidos nas décadas de 60 e 70, dois deles norte-americanos, o *Physical Science Study Comittee* (PSSC), o *Harvard Project Physics* (HPP) e o *The Mechanical Universe*, que apresentam tópicos de FMC, e dois ingleses o Nuffield Science Teaching Project (NSTP), que trazem conteúdos de FMC inseridos nos

Valadares e Moreira (1998) também concordam que é imprescindível que o estudante do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e pode definir seu futuro profissional.

conteúdos de Física Clássica, e o Nuffield Advanced Science (NAS), um nível avançado do NSTP em que se aprofundam tópicos de FMC.

A respeito das *questões metodológicas*, Terrazan (1994, *apud* ALVETTI, 1999) verifica, na literatura, três vertentes representativas de abordagens metodológicas para a introdução de FMC no nível médio. A primeira delas diz respeito à *exploração dos limites dos modelos clássicos*, que é defendida por Gil *et al.* (1988; 1993, *apud* ALVETTI, 1999) da Universidade de Valência na Espanha. Segundo esses autores:

1-A introdução da Física Moderna é feita sem tomar como ponto de partida as dificuldades insuperáveis que originaram a crise da Física Clássica, os limites de sua validade, sem tentar mostrar as diferenças entre a visão clássica e a moderna sobre o comportamento da matéria.

Definitivamente, o ensino de Física Moderna é caracterizada por uma introdução desestruturada que simplesmente justapõe (às vezes misturando) as concepções clássicas e as modernas, prejudicando portanto, a correta compreensão de ambas e proporcionando uma imagem deformada (muito linear) de como se desenvolve a ciência e da própria metodologia científica.

2-Conseqüentemente, a referida apresentação dificulta que os alunos tenham uma mínima compreensão, nem ao menos qualitativa, das idéias e conceitos fundamentais do novo paradigma.

3-Cabe inclusive esperar que a referida apresentação, pela sua própria orientação que mascara a ruptura conceitual presente na Física Moderna, seja acompanhada da introdução pelos mesmos textos, de erros em torno de conceitos fundamentais.” (Gil *et al.*, 1988, *apud* ALVETTI, 1999, p. 40)

Em um de seus trabalhos, Gil *et al.* (1988, *apud* OSTERMANN, 1999a, p. 13) fazem uma análise em 42, livros didáticos usados nas escolas espanholas, e verificam que a maioria deles não faz nenhuma referência ao caráter não linear do desenvolvimento científico, às dificuldades que originaram a crise da Física Clássica e às diferenças conceituais entre Física Clássica e Física Moderna.

Por meio de um questionário respondido por 536 alunos, entre 16 e 18 anos, esses autores (GIL e SOLBES, 1993, *apud* OSTERMANN, 1999a, p 13) verificaram que a maioria dos estudantes não conheciam a existência de uma crise no desenvolvimento da Física Clássica, não sabiam a diferença entre Física Moderna e Clássica e apresentavam muitas confusões conceituais sobre tópicos como dualidade onda-partícula, a equação $E = m \cdot c^2$, partículas elementares, entre outras. Assim, os autores argumentam que, fazendo a exploração dos

limites clássicos, os alunos possam entender a crise vivida pela Física Clássica no fim do século XIX e sua superação com o nascimento de uma nova concepção científica.

A segunda proposta é atribuída às pesquisas de Fischler e Lichtfeldt (1992), da Universidade Livre de Berlim, na Alemanha, que defendem a *não utilização de referências aos modelos clássicos*, pois segundo eles a aprendizagem de Física Moderna é dificultada porque o ensino freqüentemente usa analogias clássicas. Os autores sugerem algumas premissas básicas para a abordagem da Mecânica Quântica no Ensino Médio (Fischler e Lichtfeldt, 1992, p. 183-184):

1. Referências à Física Clássica devem ser evitadas;
2. Introdução do efeito fotoelétrico a partir das características dos elétrons e não das dos fótons;
3. Interpretação estatística do fenômeno deve ser usada e descrições dualistas devem ser evitadas;
4. Relação de incerteza de Heisenberg deve ser introduzida no início dos estudos;
5. Exclusão do modelo de Bohr no tratamento do átomo de hidrogênio.

A partir dessas premissas, Fischler e Lichtfeldt elaboram um programa para a introdução da física Quântica no ensino de nível médio. Esse programa tem a seguinte seqüência (Fischler e Lichtfeldt, 1992, p. 184): difração de elétrons; experimento de dupla fenda com elétrons; princípio de incerteza de Heisenberg; quantização de energia para um potencial poço - quadrado e para o átomo de hidrogênio; experimento de Franck-Hertz e análise espectroscópica; objetos quânticos de luz: fótons e problemas de interpretação.

Esse programa foi aplicado em onze cursos secundaristas da cidade de Berlim, e segundo os autores, os resultados foram satisfatórios.

A terceira metodologia é a formulada por Arons (1990), da Universidade de Washington, nos Estados Unidos. O autor defende a *escolha de tópicos especiais* e, em seu trabalho, expõe que não se podem trabalhar todos os conceitos da Física Moderna no nível médio, sendo suficiente explorar alguns conceitos como: elétrons, fótons, núcleos, estrutura atômica e talvez os primeiros aspectos qualitativos da relatividade.

Como conclusão, Terrazan (1994, *apud* ALVETTI, 1999, p. 14) acredita ser o professor da escola de Ensino Médio que deve decidir qual é metodologia mais adequada ao desenvolvimento de cada área temática. Para ele, a história da ciência, as múltiplas

abordagens metodológicas e a reflexão contínua sobre sua prática pedagógica são ferramentas importantes para que o professor desenvolva uma estratégia didática inovadora.

Em sua tese de doutorado, Ostermann (1999a) faz uma revisão de literatura referente à FMC no Ensino Médio, a qual abrange os primeiros trabalhos sobre o tema que começaram a surgir no fim da década de 70 até final da década de 90. Por meio dessa análise bibliográfica, Ostermann consegue identificar apenas oito trabalhos feitos com aplicação de FMC a alunos do Ensino Médio. Ou seja, apesar de essa temática estar sendo explorada há algum tempo, quase nada tem sido feito com apresentação de resultados.

Além de sua revisão bibliográfica, Ostermann faz uma pesquisa com cerca de 100 profissionais, entre eles: físicos, pesquisadores em ensino de física e professores do nível médio, em diversas regiões do Brasil, com o intuito de verificar a opinião desses sujeitos sobre a inserção de tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio. A partir de uma metodologia de consulta (técnica Delphi)¹¹, os seguintes temas de FMC foram apontados entre os especialistas consultados para possível inclusão no currículo de nível médio: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, laser, supercondutores, partículas elementares e relatividade restrita.

A partir dos resultados obtidos com o estudo Delphi, Ostermann destaca alguns aspectos relevantes na discussão sobre o ensino de FMC no Ensino Médio:

Os professores de Física do ensino médio nesta metodologia, revelaram-se o grupo menos engajado na discussão. Pela nossa experiência nas escolas, percebemos que há muita resistência por parte deles com respeito a atualização curricular, principalmente, por implicar uma significativa reformulação nos conteúdos usualmente trabalhados e um investimento no estudo de tópicos mais atuais. (OSTERMANN, 1999a, p. 151).

¹¹ A técnica Delphi consiste na elaboração de um questionário inicial enviado a um grupo respondente, seguido de sua reelaboração e reenvio do questionário após o retorno das respostas. Durante o processo é garantido a cada respondente a oportunidade de reavaliar suas respostas originais tendo como base o exame das respostas do grupo. Procura-se assim, “permitir que um grupo de indivíduos, como um todo, enfrente um problema complexo” (OSTERMANN, 1999a, p. 41).

Não há uma definição de consenso acerca do que é Física Contemporânea como distingui-la da Física Moderna. Pela lista obtida no final do estudo, vê-se que há tópicos modernos mesclados a Contemporâneos. Até mesmo temas de Física Clássica aparecem nessa pesquisa. Nossa preocupação, do ponto de vista do ensino, foi a de incorporar temas contemporâneos. E claro que esses em geral, demandam conhecimentos clássicos e modernos. (OSTERMANN, 1999a, p. 151).

Ostermann também apresenta, em sua pesquisa, dois materiais instrucionais sobre Física Contemporânea. Os tópicos escolhidos foram supercondutores e partículas elementares. Esses materiais foram aplicados em quatro escolas de Ensino Médio do Rio Grande do Sul¹². Dentre os resultados, a autora destaca:

Tópicos de FMC despertam a curiosidade científica dos alunos, os motivam para aprender Física [...] Os resultados apontam para a asserção de que deveria haver mais Física Contemporânea no ensino médio e menos “fósseis” de física Clássica. Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais instrucionais estiverem disponíveis. Com isso os jovens podem ter uma escolarização de nível médio em Física atualizado e mais coerente com um pleno exercício da cidadania na sociedade contemporânea (OSTERMANN, 1999a, p. 154-155)

Valadares e Moreira (1998) defendem que a FMC deve ser abordada no Ensino Médio fazendo relações com o cotidiano dos alunos. Os autores apresentam sugestões de como introduzir tópicos como efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro por meio de experimentos simples nos quais os materiais usados são de baixo custo.

Quanto a *concepções alternativas dos estudantes referentes a tópicos de FMC*, segundo Ostermann (1999a, p. 22), é ainda reduzido o número de publicações que tratam dessa vertente. Podemos citar o trabalho de Paulo (1997, *apud* OSTERMANN; 1999a, p. 20) que investigou a concepção de alunos da escola de nível médio a respeito da natureza da luz e da estrutura do átomo. Entre os resultados, o pesquisador observou que, para a maioria dos estudantes, a luz é constituída por raios luminosos, por “varetas rígidas e finas”. Quanto à estrutura do átomo, é predominante a concepção de que as camadas eletrônicas têm forma

¹² A aplicação desse material foi feita por estagiários da disciplina Prática de Ensino de Física da Universidade Estadual do Rio grande do Sul (UFRS), ministrados pela autora.

elíptica ou circular e que essas camadas constituem apenas um modo de compreender o átomo, não sendo uma realidade física e, ainda, não há qualquer conexão entre a emissão e absorção da luz e mudança por parte do elétron.

Stannard (1990, *apud* OSTERMANN, 1999a) realizou uma pesquisa com estudantes universitários sobre o motivo que os levaram realizar o curso de Física. A maioria mostrou que fora a Física Moderna que mais os influenciara nessa decisão. Em outro estudo, o autor entrevistou 250 crianças com média de 12 anos de idade, a fim de saber o que conheciam sobre gravidade, aceleração. Como resultado, observou que a maioria conhecia, ou pelo menos já ouvira falar sobre temas como buraco negro, Big Bang. Esses temas haviam sido aprendidos pela televisão e por meio de filmes de ficção científica.

Uma preocupação observada com frequência na literatura é sobre *materiais didáticos que apresentam tópicos de FMC, como consulta para professores de Ensino Médio*. De acordo com Ostermann, esse item – Temas de FMC como divulgação científica ou bibliografia de consulta – é o de maior número de publicações. A autora ressalta, ainda, que “há maior concentração de referência nos temas relatividade, partículas elementares e mecânica Quântica” (OSTERMANN, 1999a, p. 22). Quanto a isso, podemos citar o trabalho da própria Ostermann (1999b) – Um texto para professores do Ensino Médio sobre partículas elementares. Esse texto é dirigido a professores de Física do Ensino Médio e nele a autora expõe, de forma clara e acessível, um importante tópico de Física Contemporânea: partículas elementares. Esse trabalho foi produzido a partir da tradução e adaptação de materiais do curso “Topics in Modern Physics” organizado no Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab), nos Estados Unidos, e aborda conceitos interessantes como história do átomo, interações fundamentais, pósitron, antiprótons e antinêutrons, píon, múon, neutrinos, antineutrinos, léptons, hádrons etc.

O tópico “partículas elementares” aparece também como tema informativo em outro trabalho, (OSTERMANN; CAVALCANTI, 1999) no qual ele é apresentado sob forma de um pôster colorido, elaborado em tamanho A1 (84,1 cm x 59,4 cm) que pode ser utilizado como material didático na formação inicial e continuada de professores. Além de partículas elementares, o texto também traz outro tópico contemporâneo – interações fundamentais.

Esse pôster também foi elaborado a partir da tradução e adaptação de materiais do “Contemporary Physics Education Project” (Califórnia, estados Unidos. 1998) e do curso

“Topics in Modern Physics”, organizado pelo Fermi National Accelerator Laboratory (Illinois, Estados Unidos, 1995) (OSTERMANN; CAVALCANTI, 1999, p. 267)

Também podemos mencionar outro trabalho na mesma linha (OSTERMANN; FERREIRA; CAVALCANTI, 1998), no qual os autores apresentam um texto dirigido a professores de Física do Ensino Médio que aborda o tópico de Física Contemporânea – supercondutividade – a partir de conteúdos trabalhados na escola de Ensino Médio como, por exemplo, eletromagnetismo e termodinâmica e temas não abordados nesse nível de ensino: conceitos básicos de mecânica quântica e física do estado sólido.

Nesse texto, é apresentado o fenômeno da supercondutividade a partir de sua evolução histórica e de suas propriedades fundamentais (resistividade nula e efeito Meissner). Em seguida, os autores discutem aspectos gerais da transição supercondutora e as principais teorias que descrevem o estado supercondutor. A proposta do texto é desenvolver os temas de forma mais qualitativa e conceitual, evitando um tratamento matemático extenso e rigoroso.

Veit *et al.* (1987) elaboraram um programa de computador sobre o efeito fotoelétrico para alunos do Ensino Médio. Segundo os autores, o uso do computador motiva o estudo desse tema, pois existe uma carência de equipamentos e outros materiais instrucionais como, por exemplo, textos adequados na área de FMC e, além disso, ao contrário de vários temas clássicos, diversos experimentos de FMC não podem ser realizados em laboratório real.

Mais recentemente, Peduzzi e Basso (2005) fizeram uma análise detalhada de cinco livros didáticos, e um projeto de ensino, o GREF, sobre o tema átomo de Bohr. A partir disso, concluem os autores:

além de não haver uma preocupação maior com o formalismo matemático (por exemplo, a dedução da expressão para a quantização da energia), constatou-se que a maioria das obras consultadas não contextualiza adequadamente o tema, considerando-se que o quadro teórico e experimental em que estavam inseridas as idéias de Bohr envolviam os estudos de Planck sobre a radiação do corpo negro, a teoria de Einstein do efeito fotoelétrico, as experiências e o modelo atômico de Rutherford e resultados empíricos sobre os espectros de emissão de vários elementos químicos” (PEDUZZI; BASSO, 2005. p. 545).

Peduzzi e Basso também mencionam que:

o modelo atômico de Bohr é uma matéria que ainda não se faz presente em muitos livros didáticos de Física do Ensino Médio [...] face a isso, e visando oferecer ao professor do Ensino Médio uma nova alternativa para fundamentar as suas discussões sobre o átomo de Bohr em sala de aula, desenvolveu-se e avaliou-se um texto sobre este assunto. A abordagem didática da teoria de Bohr foi inspirada no estudo Bohr: um programa de pesquisa que progride sobre fundamentos inconsistentes, de Imre Lakatos (PEDUZZI; BASSO, 2005. p. 546).

Experimentos de FMC são sugeridos nos trabalhos de Cavalcante e Benedetto (1999) e Cavalcante *et al.* (1999). Cavalcante e Benedetto (1999) mostram em seu trabalho como construir, de maneira simples e com baixo custo, um espectroscópio caseiro que possibilita determinar, experimentalmente, os comprimentos de onda das linhas características de uma lâmpada de Hg, usando um CD como elemento que decompõe a luz. Como conclusão os autores destacam que “a partir da experiência realizada, o professor pode abordar inúmeros assuntos da Física Moderna. Por exemplo, explicar fenômenos relevantes da óptica física e geométrica tais como interferência, difração, reflexão e refração” (CAVALCANTE; BENEDETTO, 1999, p. 444).

Já Cavalcante *et al.* (1999) mostram que, usando um CD e uma caneta *laser*, os professores podem trabalhar conceitos como difração e interferência: “essa demonstração em óptica física pode oferecer oportunidades para assuntos dentro da Física Moderna, como por exemplo, a difração de elétrons em cristais, dualidade de fótons e elétrons, holografias, espectros, etc” (CAVALCANTE *et al.*, 1999, p. 167).

Ostermann e Rezende (2004) fazem um trabalho virtual, o InterAge¹³, com o intuito de investir na formação continuada de professores de Física:

O InterAge é composto por um conjunto de páginas, um banco de informações e mecanismos de comunicação on-line. De acordo com o nível

¹³ Página web cujo endereço é: <http://nutes2.nutes.ufjf.br/interage/>

de interatividade que o/a professor/a deseja estabelecer com outros usuários, ele pode acessar o Laboratório Pedagógico, o Laboratório Interativo ou o Curso, sendo as atividades desenvolvidas nestes espaços fundamentalmente as mesmas: o/a professor/ a reflete sobre situações-problema apresentadas e propõe soluções na forma de planejamentos de uma ou mais unidades de ensino com base nos recursos pedagógicos oferecidos e na interação on-line entre os usuários, no caso do Laboratório Interativo ou dos cursos viabilizados no InterAge (OSTERMANN; REZENDE, 2004, p. 16)

Além dessas interações, o InterAge aborda tópicos de FMC para discussão e serve como material de consulta pra professores.

Alveti (1999), em sua dissertação de mestrado, avalia as possibilidades pedagógicas dos artigos da revista *Ciência Hoje*¹⁴ para utilização na formação inicial e continuada de professores de Física e como forma de subsidiar a introdução da FMC no Ensino Médio. O autor procura demonstrar que:

[...] outros materiais didáticos, no caso, artigos de revista de divulgação científica, podem auxiliar os formadores de professores de física do ensino médio na tarefa de mudar a prática pedagógica para um ensino que ao mesmo tempo seja tradicional, no sentido de respeitar as questões histórico-culturais de nossa sociedade, e suficientemente novo para preparar o cidadão para o próximo século, inserindo novas formas de pensar e agir em sua vida cotidiana (ALVETTI, 1999, p. 132)

Sobre *propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados*, podemos citar o trabalho de Pinto e Zanetic (1999). Esses autores desenvolveram uma experiência no Ensino Médio de uma escola de São Paulo sobre a inserção da natureza quântica da luz. A noção de perfil epistemológico, de Gaston Bachelard, foi utilizada como referencial filosófico. Foram ministradas doze aulas sobre o tema para alunos do segundo ano do Ensino Médio. Segundo os autores, houve interesse pelo estudo de Física por grande parte dos alunos. Assim, Pinto e Zanetic afirmam ser possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio.

¹⁴ O autor diz escolher esta revista devido à qualidade da informação veiculada, à confiabilidade da autoria dos artigos e ao seu perfil editorial.

A física dos raios cósmicos foi o tema escolhido por Pereira (1997, *apud* CANATO Jr., 2003, p. 15). Para apresentar a FMC para alunos de Ensino Médio, os autores realizaram palestras em diferentes escolas, que resultaram na produção de um vídeo visto por centenas de estudantes. Coelho (1995, *apud* CANATO Jr. 2003, p. 15) ministrou um curso de extensão de curta duração para um grupo de alunos de uma escola do Mato Grosso, no qual se discutiu a natureza quântica das radiações, átomos e elétrons, abrangendo desde o problema do corpo negro até o princípio da exclusão de Pauli, passando por barreiras de degraus e poços de potenciais.

Ainda a esse respeito, podemos também citar a pesquisa de Paulo e Moreira, que ministraram conceitos fundamentais da Mecânica Quântica na Interpretação de Copenhague (não determinismo e complementaridade), a cem alunos de duas escolas de Ensino Médio da rede particular da cidade de Cuiabá, Brasil. Os instrumentos utilizados na avaliação da aprendizagem dos alunos foram avaliações escritas com questões objetivas e questões abertas. Os dados obtidos foram interpretados através de análise fenomenográfica. Pelos resultados obtidos, os autores observaram que os alunos não apresentaram dificuldades em aprender os conceitos quânticos abordados que sejam maiores que as dificuldades em aprender conceitos clássicos. Foram, também, identificadas algumas concepções com relação aos conceitos de complementaridade e não-determinismo que podem fornecer subsídios sobre como os aprendizes constroem uma aprendizagem potencialmente significativa sobre os conceitos fundamentais da Mecânica Quântica.

Ostermann e Ricci (2004) realizaram um trabalho com livros didáticos de Física no Ensino Médio, proposta encontrada com pouca frequência na literatura. Os autores fizeram uma análise crítica de livros didáticos bastante usados pelos professores da rede pública, que abordam os tópicos: massa relativística e equivalência massa-energia. Com isso, constataram que a massa relativística é introduzida como sendo um conceito fundamental da Relatividade Restrita, quando, de fato, é uma noção inadequada e que, portanto, não deveria ser abordada; e que essas obras frequentemente interpretam de forma errônea o significado da equivalência massa-energia. Como conclusão os autores relatam que:

Uma certa displicência pode ser notada em autores de livros didáticos de ensino médio, ao introduzirem a relação $E = ymc^2$ sem deixar claro para

o leitor ser ela válida apenas para uma partícula ou um corpo livre [...] Ainda com relação à equivalência massa-energia, na quase totalidade das obras analisadas, o seu significado correto não é abordado, preferindo-se, em geral, identificá-lo com a possibilidade de conversão de massa em energia e vice-versa. (OSTERMANN; RICCI, 2004, p. 100)

Em sua revisão bibliográfica, Ostermann (1999a) faz um comentário referente a alguns livros didáticos de Física para o Ensino Médio que abordam tópicos de FMC. Entre os textos, destaca: “é importante assinalar que o livro-texto de Física possivelmente mais adotado nas escolas gaúchas (Bonjorno, 1993) não apresenta nenhum tópico de FMC” (OSTERMANN, 1999, p. 33). Quanto ao livro de Alvarenga e Máximo (1997) – Curso de Física – a autora ressalta que:

No final de alguns capítulos, há uma seção intitulada “Tópico Especial” (subtítulo: “para você aprender um pouco mais”) que complementa ou amplia o texto propriamente dito, ora desenvolvendo aspectos históricos, ora apresentando aspectos mais modernos relacionados com o capítulo, ou ainda mostrando aplicações curiosas de Física. Usa-se, nesta seção, linguagem simples e um tratamento qualitativo da matéria, com quase nenhum apelo matemático. (OSTERMANN, 1999a, p. 33)

Esses são dois dos livros que Ostermann (1999a) analisa com o objetivo de verificar como neles é feita a abordagem de FMC. Quanto a isso, a autora conclui que existe uma iniciativa, nos livros didáticos, de ensinar FMC a alunos de nível médio.

Vê-se, assim, que há uma tentativa em incluir tópicos modernos nos currículos de Física do Ensino Médio. Mas, também, é possível observar que há uma necessidade de amadurecimento nessa linha de pesquisa, pois existe uma certa divergência sobre qual metodologia usar, quais tópicos inserir etc.

Há muitas justificativas que apontam a necessidade da atualização curricular, inclusive, como citamos acima, livros didáticos de Ensino Médio já trazem temas modernos, como é o caso de Gaspar (2002), que dedica uma seção exclusiva, no seu volume três, à Física Moderna e Contemporânea, e Alvarenga e Máximo (2003), que abordam diversos temas da Física

Moderna e Contemporânea ao longo de toda a sua obra. Entretanto, colocar todas essas reflexões na sala de aula é, ainda, um desafio.



CAPÍTULO II

Os Encaminhamentos Metodológicos

I – A PESQUISA

Embasados no pressuposto de que o currículo de Física do Ensino Médio precisa passar por uma revisão, inserindo nele tópicos de FMC, surgiu o interesse em explorar, junto a professores e alunos, o que está acontecendo nas aulas de Física para se ter uma idéia mais ampla da cotidianidade escolar e de suas contingências.

Para tanto, realizamos uma pesquisa em três escolas Estaduais da Região Noroeste do Paraná¹⁵, investigando professores e alunos¹⁶, a fim de saber quais suas concepções, respostas e deficiências sobre o tema de interesse da presente pesquisa. Analisamos, também, nos livros didáticos de Física usados no Ensino Médio, os potenciais temas de FMC e como se dá a abordagem desses tópicos nos textos analisados.

A investigação buscou identificar as opiniões de professores a respeito da FMC, se eles estão preparados para ensinar estes tópicos, se existe alguma abordagem desses tópicos, mesmo que mínima, em sala de aula, e possíveis sugestões apresentadas por eles a respeito de como a inserção da FMC poderia ser feita nos currículos de Física do Ensino Médio.

Em relação aos alunos, buscamos levantar qual constelação de crenças que os animam. Pretendemos averiguar se os mesmos reconhecem a diferença entre a Física Clássica e a Física Moderna, e detectar, ainda, se há interesse por parte dos alunos em inserir FMC no currículo de Física, além de mapear o status conceitual de tópicos como efeito fotoelétrico, radioatividade, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, teoria da relatividade, raios X, laser, supercondutores e semicondutores.

¹⁵ O modelo da autorização, que foi assinado pelos diretores das escolas, encontra-se no anexo I.

¹⁶ Todos os pesquisados assinaram um termo de consentimento. Aqueles que tinham idade inferior a dezoito anos, tiveram o termo, assinado pelos pais ou responsáveis. O modelo do Termo de Consentimento encontra-se no anexo II.

A pesquisa se classificou como qualitativa e adotou como instrumento no processo investigativo, questionários que foram aplicados a professores e alunos. A análise e a discussão foram apoiadas nas orientações qualitativas de pesquisa sugeridas por Lüdke e André (1986) e de técnicas de ‘Análise de Conteúdo’ definidas por Bardin (1977).

As amostras utilizadas na investigação são detalhadas a seguir:

- Livros didáticos: um total de doze livros foram considerados e analisados (a maioria de uso corrente nas escolas da rede pública de Ensino Médio no Paraná);
- Seis professores em exercício na docência de Física no Ensino Médio nas escolas públicas foram entrevistados;
- Quarenta e sete alunos, entre 16 e 20 anos, cursando o terceiro ano do Ensino Médio, foram investigados por intermédio de um questionário estruturado.

O quadro 1 traz uma síntese dos procedimentos metodológicos e dos seus respectivos objetivos, assim como sujeitos da pesquisa e matérias didáticas utilizados.

Quadro 1 – Instrumentos de investigação utilizados

Conduta	Instrumento	Tema	Objetivos	Sujeitos/Materiais didáticos
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Roteiro para análise de livros 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Física Moderna 	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> ▪ se os autores abordam tópicos de FMC; ▪ quais tópicos são abordados; ▪ de que forma a FMC aparece nos livros; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Livros didáticos de Física.
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Questionário 1 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Física Moderna 	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> ▪ o que os professores pensam sobre a inserção da FMC no nível médio; ▪ se os professores estão preparados para ensinar FMC; ▪ quais sugestões os professores têm para a abordagem de tópicos da FMC em 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Professores de Física do Ensino Médio de escolas públicas.

			sala de aula.	
3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Questionário 2 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Física Moderna 	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> ▪ o que os alunos conhecem sobre FMC; ▪ o que os alunos pensam sobre a inserção da FMC no Ensino Médio. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alunos do terceiro ano do Ensino Médio de escolas públicas.

Após a identificação dos sujeitos da pesquisa, iniciamos a elaboração de um roteiro para análise dos livros (apêndice I) e dois questionários, um para os professores (apêndice II) e o outro para os alunos (apêndice III). O enfoque principal dos questionários foi a Inserção da Física Moderna no Ensino Médio, e partiu de questões abertas, nas quais os respondentes tiveram total liberdade de expor suas opiniões.

II – ANÁLISE DE CONTEÚDO

A análise de conteúdo (AC na seqüência), constitui um importante procedimento de interpretação de dados coletados. Trata-se de uma das técnicas de pesquisa mais antigas. Segundo Oliveira *et al.*; os primórdios de sua utilização remontam a 1787, nos Estados Unidos, e sua emergência como método de estudo aconteceu nas décadas de 20 e 30 do século XX, com o desenvolvimento das Ciências Sociais, quando a Ciência Clássica entrou em crise. Nessa época, o rigor científico invocado é o da medida, e o material analisado é essencialmente jornalístico.

O primeiro nome que ilustra a história da análise de conteúdo é o de H. Lasswell que, desde 1915, aproximadamente, usou a AC para realizar análise da imprensa e de propaganda nos Estados Unidos.

Na década de 40 a 50 do século XX, nos Estados Unidos, os departamentos de ciências políticas ocuparam um lugar de destaque no desenvolvimento da AC. Os problemas que surgiram em razão da Segunda Guerra Mundial favoreceram os estudos empíricos que

usavam a técnica de AC no campo da política. Nessa época, aumenta o número de investigadores especializados em AC.

Do ponto de vista metodológico, o final dos anos 40-50 é marcado pelas regras de análise elaboradas por B. Berelson, auxiliado por P. Lazarsfeld, que define a análise de conteúdo como “uma técnica de investigação que tem por finalidade a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto da comunicação” (BERELSON, *apud* BARDIN, 1977, p. 19).

O período seguinte, 1950-1960, é caracterizado pela expansão das aplicações da técnica a disciplinas muito diversificadas e pelo aparecimento de interrogações e novas respostas no plano metodológico:

A crise da certeza gerada pela desordem, não-redução, não-separação, a incerteza lógica abalaram a ciência clássica, e criou a necessidade de uma proposta para o enfrentamento das incertezas. Esta mudança das ciências exigiu uma nova maneira de interpretar os objetos investigados e, no plano metodológico-epistemológico exigiu deixar de lado a dicotomia quantidade/qualidade. É o próprio Berelson (1959 *apud* BARDIN, 1979, p. 20) que desencantado com o rumo do processo de análise de conteúdo afirmou: “A análise de conteúdo como método, não possui qualidades mágicas e raramente se retira mais do que nela se investe e algumas vezes até menos; - no fim de contas, nada há que substitua as idéias brilhantes” (OLIVEIRA et al, p. 3).

No final da década de 50, a análise de conteúdo entra numa nova fase. A etnologia, a história, a psiquiatria, a psicanálise, a lingüística, se juntam à sociologia, à psicologia, à ciência política, aos jornalistas para que se questione essa técnica a fim de proporem-se algumas contribuições. Assim, desenvolvem-se novas considerações metodológicas e epistemológicas sobre a AC:

No plano epistemológico, confrontam-se duas concepções, dois “modelos” da comunicação: o modelo “instrumental”, representado por A. George e G. Mahl, e o modelo “representacional”, defendido por G. E. Osgood. [...] No plano metodológico, a querela entre a abordagem quantitativa e a abordagem qualitativa absorve certas cabeças. Na análise quantitativa, o que serve de informação é a frequência com que surgem certas características do

conteúdo. Na análise qualitativa é a presença ou a ausência de uma dada característica de conteúdo ou de um conjunto de características num determinado fragmento de mensagem que é tomado em consideração (BARDIN, 1977, p. 20-21).

Assim, o campo de aplicação da AC vai se tornando cada vez mais amplo. Conforme afirma Bardin (1977, p. 32): “Qualquer comunicação, isto é qualquer transporte de significações a um emissor para um receptor controlado ou não por este, deveria poder ser escrito, decifrado pelas técnicas de análise de conteúdo”. P. Henry e S. Moscovici, (1968 *apud* BARDIN, 1977, p. 33) também dizem que “tudo que é dito ou escrito é susceptível de ser submetido a uma análise de conteúdo”, e ainda acrescentam “excluimos do campo de aplicação da análise de conteúdo, tudo o que não é propriamente lingüístico, tal como filmes, representações pictóricas, comportamentos (considerados ‘simbólicos’), etc.”.

II.I – O QUE É A “ANÁLISE DE CONTEÚDO”?

Como define Bardin (1997, p. 38), a AC é “um conjunto de técnicas de análise de comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens”. “Quando os dados a analisar se apresentam sob a forma de um texto ou de um conjunto de textos ao invés de uma tabela com valores, a análise correspondente assume o nome de Análise de Conteúdo” (LAGARDE, 1995, *apud* FREITAS; JANISSEK, 2000, p. 37).

Uma parte importante do comportamento, opinião ou idéias de pessoas se exprime sob a forma verbal ou escrita. A AC dessas informações deve, normalmente, permitir a obtenção dessas informações resumidas, organizadas. A AC pode ser usada para analisar em profundidade, cada expressão específica de uma pessoa ou grupo envolvido num debate.

A AC “é um método de observação indireto, já que é a expressão verbal ou escrita do respondente que será observada” (FREITAS; JANISSEK, 2000, p. 37). Essa técnica de análise “torna possível analisar as entrelinhas das opiniões das pessoas, não se restringindo

unicamente às palavras expressas diretamente, mas também àquelas que estão subentendidas no discurso, fala ou resposta de um respondente” (PERRIEN, CHÉRON e ZINS, 1984, p.37).

Segundo Bardin (1997, p. 38), a intenção da AC “é a inferência¹⁷ de conhecimento relativos às condições de produção (ou, eventualmente, de recepção), inferência essa que recorre a indicadores (quantitativos ou não)”.

O analista é como um arqueólogo: trabalha sobre os traços dos documentos que ele pode encontrar ou suscitar, traços estes que são a manifestação de estados, dados, características ou fenômenos. Existe alguma coisa a descobrir sobre eles, e o analista pode manipular esses dados por inferência de conhecimentos sobre o emissor da mensagem ou pelo conhecimento do assunto estudado de forma a obter resultados significativos a partir dos dados. O analista se comporta como um detetive, “trabalha com índices cuidadosamente postos em evidencia por procedimentos mais ou menos complexos” (BARDIN, 1997, p. 39).

De acordo com Freitas e Janissek (2000, p. 38), na AC, “parte-se de dados qualitativos - fazendo um agrupamento quantitativo - para análise qualitativa novamente”. A AC tem por fim fazer a dedução dos fatos pela leitura e compreensão das mensagens, os fatos deduzidos, permitem tirar conclusões, obter novas informações ou completar conhecimentos através do exame detalhado dos dados. Segundo Freitas e Jassenik (2000) o pesquisador ao usar as técnicas de AC deve ser

objetivo, visto que a análise deve proceder segundo as regras pré-estabelecidas, obedecendo a diretrizes suficientemente claras e precisas de forma a propiciar que diferentes analistas, trabalhando sobre o mesmo conteúdo, obtenham os mesmos resultados. [...] sistemático, pois todo o conteúdo deve ser ordenado e integrado nas categorias escolhidas, em função do objetivo perseguido, e elementos de informação associados ou relativos ao objetivo não devem ser deixados de lado. [...] quantitativo, pela possibilidade de evidenciar os elementos significativos, calcular a sua frequência, etc (FREITAS; JASSENİK, 2000, p. 40).

Assim, a AC é “uma técnica de pesquisa utilizada para tornar replicáveis e validar inferências de dados para seu contexto, segundo seus componentes, relações ou transformações entre

¹⁷ Inferência: operação lógica, pela qual se admite uma proposição em virtude da sua ligação com outras proposições já aceitas como verdadeiras.

estes” (KRIPPENDORFF, 1980, *apud* FREITAS; JASSENİK, 2000, p. 41). Para Bardin (1977), a AC é:

um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 1977, p. 42)

II.II – ETAPAS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO

A seguir, são descritas as principais etapas do desenvolvimento de uma Análise de Conteúdo:

Organização do material de trabalho

Esta primeira fase da pesquisa consiste em organizar o material a ser estudado, delimitando e definindo, claramente, o que estará ou não envolvido na pesquisa. O material pode, por exemplo, ser composto de entrevistas transcritas de professores e alunos, respostas a questionários, artigos de jornais etc.

Definição das unidades de registro

A segunda etapa consiste na definição das unidades de registro que serão utilizadas pelo pesquisador. “Estas unidades de registro – palavra, conjunto de palavras formando uma locução ou tema são definidas passo a passo a guiam o pesquisador na busca de informações contidas no texto” (OLIVEIRA *et al*).

De acordo com Bardin (1997), a unidade de registro:

É a unidade de significação a codificar e corresponde ao segmento do conteúdo a considerar como unidade de base, visando a categorização e a contagem frequencial. A unidade de registro pode ser de natureza e de dimensões muito variáveis. Reina uma certa ambigüidade no concernente aos critérios de distinção das unidades de registro (BARDIN, 1997, p. 104)

A título ilustrativo, Bardin (1977, p. 104-105) cita entre os mais utilizados, alguns exemplos de unidades de registro, que podem ser a palavra, o tema, o personagem, o documento. Alguns pesquisadores poderão, ainda, adotar como unidade de registro um acontecimento ou até mesmo um objeto.

Categorização

A categorização é o processo de transformação do texto. Nessa etapa, as muitas palavras e expressões são reduzidas a poucas categorias. De acordo com Freitas e Janessik (2000, p. 44), fazer a categorização significa “determinar as dimensões que serão analisadas, dimensões estas que definem a teia da grade de análise. Essas categorias serão determinadas em função da necessidade da informação a testar: elas constituirão o coração da Análise de Conteúdo”. Os autores, ainda, complementam que “a escolha das categorias é o procedimento essencial da Análise de Conteúdo, visto que elas fazem a ligação entre os objetivos de pesquisa e seus resultados”.

Essa etapa é muito importante, pois a qualidade da AC depende de suas categorias. De acordo com Bardin (1977), a categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, reagrupamento segundo o gênero, com os critérios previamente definidos. As categorias são classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão das características comuns desses elementos.

Os critérios para categorização podem ser segundo Bardin (1977, p. 117):

- a) semântico: categorias temáticas
- b) sintático: os verbos, os adjetivos
- c) léxico: classificação das palavras segundo o seu sentido
- d) expressivo: categorias que classificam as diversas perturbações da linguagem.

E ainda, de acordo com Bardin (1977, p. 36), as categorias devem ser:

- a) homogêneas: uma categoria não se deve confundir com outra
- b) exaustiva: explorar o texto todo

- c) exclusivas: os mesmos elementos não devem pertencer várias categorias
- d) objetivas: características claras
- e) adequadas ou pertinentes: em relação ao conteúdo tratado e ao objetivo em questão.

II.III – ANÁLISE CATEGORIAL

Como já foi definido, de acordo com Bardin (1977), a AC é

um conjunto de técnicas de análise de comunicações, não se trata de um instrumento, mas de um leque de apetrechos; ou, com maior rigor, será um único instrumento, mas marcado por uma grande disparidade de formas e adaptável a um campo de aplicação muito vasto: as comunicações (BARDIN, 1977, p. 31).

Por essa razão, adotamos um dos procedimentos específicos desse “conjunto de apetrechos”, a análise categorial, a qual, conforme a autora citada:

pretende tomar em consideração a totalidade de um texto, passando-o pelo crivo da classificação e do recenseamento, segundo a frequência de presença (ou de ausência) de itens de sentido. Isso pode constituir um primeiro passo, obedecendo ao princípio de objetividade e racionalizando através de números e percentagem, uma interpretação que, sem ela, teria de ser sujeita a aval. É o método das categorias, espécie de gavetas ou rubricas significativas que permitem a classificação dos elementos de significação constitutivas, da mensagem. É, portanto, um método taxionômico bem concebido para satisfazer os colecionadores preocupados em introduzir uma ordem, segundo certos critérios, na desordem aparente (BARDIN, 1977, p. 36-37).

CAPÍTULO III

Livros didáticos e o pensamento de professores e alunos do Ensino Médio a Respeito da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

I – LIVROS DIDÁTICOS DE ENSINO MÉDIO: UMA ANÁLISE QUALITATIVA

A inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio é necessária, nessa perspectiva, o livro didático é uma referência básica, pois representa a principal, senão a única fonte de consulta do professor na preparação de suas aulas. Na maioria das vezes, é o livro que define a seqüência e quais conteúdos a serem trabalhados em sala de aula. Em uma de suas publicações, o Ministério da Educação afirma que o “[...] livro didático brasileiro, ainda hoje, é uma das principais formas de documentação e consulta empregados por professores e alunos. Nessa condição, ele às vezes termina por influenciar o trabalho pedagógico e o cotidiano da sala de aula”. (BRASIL, 1987, *apud* NARDI *et al.*).

Apesar dessa influência que o livro didático exerce no sistema de ensino, de acordo com Wuo (2003, p. 308) “o enfoque no livro didático só recentemente tem sido apreciado pelas pesquisas sobre o ensino de física, tratando-se de uma área pouco explorada, tanto do ponto de vista histórico como da investigação sobre o caráter do saber escolar que ele oferece”.

Mesmo assim, algumas pesquisas têm sido realizadas no sentido de investigar como é feita a abordagem da ciência nos livros didáticos (FRASSON, 2006; MEGID NETO; FRACALANZA, 2003; MONTEIRO; JUSTI, 2006; NARDI *et al.* 2006; VASCONCELOS; SOUTO, 2003). Sobre tópicos de Física, particularmente, também estão sendo realizadas pesquisas a fim de verificar como os autores têm abordado os conteúdos de Física nos livros didáticos (CHAIB; ASSIS, 2006; SANCHES, 2004; SILVEIRA; TERRAZAN, 1996; SILVA; PIMENTEL, 2006), sobre a história do livro didático (MATTOS; NICIOLI Jr., 2006; WUO, 2003) e também sobre a FMC e o modo como ela aparece nos livros de Ensino Médio

(GIL *et al.*, 1988, *apud* OSTERMANN, 1999a; MACHADO, 2006; OSTERMANN; MOREIRA, 1999; PEDUZZI; BASSO, 2005;).

Assim, visando detectar os potenciais temas de FMC presentes nos livros didáticos de Física do Ensino Médio, de que forma essa temática é tratada e quais tópicos são discutidos, procedemos à análise de doze livros, que são usados com bastante frequência pelos docentes da rede pública de ensino. A análise foi feita a partir da proposta do roteiro de análise de livro que se encontra nos apêndices (apêndice I).

Abaixo, apresentamos um quadro no qual constam os livros analisados, os tópicos apresentados nesses textos, o modo como esses tópicos são abordados e o espaço dedicado pelo o autor aos conteúdos de FMC.

Quadro 2 – livros analisados

Livros	Tópicos de FMC	Forma de abordagem	Número de páginas que o livro dedica a FMC.
<p><i>Os fundamentos da Física</i>. Autores: Francisco Ramalho Jr., Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares. Editora Moderna, São Paulo, 1999.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ fibras ópticas (p. 287); ▪ <i>laser</i> (p. 437); ▪ teoria ondulatória, éter, efeito fotoelétrico, fótons e quantum (p. 467); ▪ experiência de Millikan (p. 290); ▪ supercondutores (p. 382); ▪ efeito Fotoelétrico, Raios X e Raios γ¹⁸ (p. 454). 	<p>A maioria dos tópicos aparece, em geral, como <i>leitura complementar</i>.</p>	<p>Os autores não dedicam uma seção exclusiva para FMC. Os textos, geralmente, são muito curtos, ocupando apenas uma pequena parte da página.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einstein e o eclipse de Sobral* (p. 13); ▪ princípio da incerteza* (p. 42); ▪ a descoberta do 		

¹⁸ Este tópico é abordado em um dos itens do último capítulo do terceiro volume – Radiação eletromagnética – e não como leitura complementar como os outros.

<p><i>Física</i>. Autor: Alberto Gaspar. Editora Ática, São Paulo, 2002.</p>	<ul style="list-style-type: none"> elétron* (p. 101); ▪ as quatro interações fundamentais da natureza* (p. 113); ▪ a relatividade da massa* (p. 118); ▪ teoria da relatividade geral* (p. 270); ▪ poço de potencial e efeito túnel* (p. 22); ▪ éter* (p. 33); ▪ o átomo de Bohr* (p. 46); ▪ fótons* (p. 235); ▪ camadas eletrônicas* (p. 112); ▪ das ondas eletromagnéticas aos fótons (p. 272-298); ▪ teoria da relatividade (p. 299-326); ▪ dos raios X aos quarks –I (p. 327-351); ▪ dos raios X aos quarks – II (p. 352-387). 	<p>Os tópicos assinalados com * são tópicos contidos em um quadro denominado <i>Quadros de Física Moderna</i>, que está presente na maioria dos capítulos. Os demais tópicos são capítulos do livro que o autor dedica somente a FMC.</p>	<p>Os quatro capítulos que abordam tópicos de FMC totalizam 112 páginas.</p>
<p><i>Física para o Ensino Médio</i>. Autores: Aurélio Gonçalves Filho, e Carlos Toscano. Editora Scipione, São Paulo, 2002.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ a formação do sistema solar. (p. 68); ▪ gigante vermelha, anã branca, supernova, estrela de nêutrons e buraco negro¹⁹. (p. 68); ▪ teoria da gravitação (apresenta a gravitação de Newton e de Einstein) (p. 78); ▪ $E = m.c^2$ (p. 118) ▪ O efeito fotoelétrico (p. 268); ▪ modelo atômico de Bohr (p. 268). 	<p>Os tópicos são apresentados como <i>leitura complementar</i> em um quadro intitulado <i>Texto e Interpretação</i>. Apenas o texto que fala sobre a formação do sistema solar aparece como parte do conteúdo do capítulo que aborda o tópico – <i>Gravitação</i>.</p>	<p>Os autores não dedicam capítulos exclusivos à FMC. Os tópicos que aparecem totalizam sete páginas do livro.</p>
<p><i>Física: série novo</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ quarks (p. 248); 	<p>Os textos aparecem em quadros de <i>leitura complementar</i>.</p>	<p>O número de</p>

¹⁹ Estes tópicos aparecem no texto que fala sobre a formação do sistema solar.

<p><i>ensino médio</i>. Autor: Djalma Nunes da Silva Paraná. Editora Ática, São Paulo, 2002.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ raio X (p. 332); ▪ raio <i>laser</i> (p. 332) ▪ a perspectiva de um universo inflacionário (comenta a teoria do Big Bang e a Geometria do espaço) (p. 334); ▪ o Hubble na imensidão escura do universo (p. 335). 	<p>Existe um quadro denominado <i>Contextos, aplicações, interdisciplinaridade: uma seção para você ligar a Física à realidade da vida e da sociedade</i>, que aparece com frequência no fim de alguns capítulos, mas somente no capítulo sobre eletromagnetismo o tema do quadro é FMC.</p>	<p>páginas dedicado ao tema e inexpressivo.</p>
<p><i>Física</i>. Autores: Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo. Editora Scipione, São Paulo, 2003.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teoria da relatividade (p. 14); ▪ teoria do caos (p. 14); ▪ teoria quântica (p. 14); ▪ satélites artificiais e satélites estacionários (p. -77-78); ▪ buraco negro (p. 79); ▪ imagem no tubo de TV (p. 245); ▪ fibras ópticas (p. 291); ▪ as enormes dimensões do universo (aborda conceitos como ano-luz, galáxias, expansão do universo, teoria da relatividade e teoria do Big-bang) (p. 294); ▪ raios X e raios gama (p. 312); ▪ raio <i>laser</i> (p. 314). 	<p>As teorias da relatividade, do caos e quântica, são definidas pelos autores no primeiro capítulo ao apresentar a Física²⁰. Os outros itens são inseridos nos capítulos. Somente dois aparecem num quadro de <i>leitura complementar</i> denominado <i>História e contexto</i> que são: <i>As enormes dimensões do universo</i> e <i>O que é o raio laser</i>.</p>	<p>O autor não dedica capítulos inteiros a FMC; os tópicos que aparecem correspondem a aproximadamente 9 páginas do livro.</p>

²⁰ As definições que os autores dão para essas teorias são bem resumidas. O autor relata: “o enorme desenvolvimento dessa ciência as novas teorias, surgidas dentro da própria física, [...] que vem sendo utilizadas no estudo de fatos não descritos adequadamente pela Física Clássica [...]. Por exemplo: A **teoria da relatividade**, usada para estudar o movimento de corpos com altíssimas velocidades, que não seguem rigorosamente as leis estabelecidas por Galileu e Newton; a **teoria quântica**, aplicada na descrição do comportamento de partículas muito pequenas, situadas na estrutura atômica de qualquer material; a **teoria do caos**, que vem permitindo desvendar fenômenos muito complexos, até então inexplicáveis, como vários procedimentos envolvendo os organismos vivos, o escoamento dos fluidos e a previsão do tempo”. (MÁXIMO; ALVARENGA, 2003, p. 14)

<p><i>Imagens da Física.</i> Autor: Ugo Amaldi. Editora Scipione, São Paulo, 1995.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A eletrônica e os computadores (semicondutores, transistor, circuitos integrados, hardware e software) (p. 320-333); ▪ a relatividade e os quanta (p. 398-411); ▪ radioatividade e fusão nuclear (p. 412-432). 	<p>O livro é dividido em seis partes e uma delas é dedicada somente à física moderna. Todos os tópicos são apresentados em forma de capítulos.</p>	<p>Os dois capítulos que o autor dedica somente à Física Moderna são contemplados em 34 páginas, enquanto a eletrônica dos computadores é abordada em 14 páginas.</p>
<p><i>Física ciência e tecnologia.</i> Autores: Gilberto Ferraro Nicolau, Paulo César Pentead, Paulo Soares Toledo e Carlos Magno Torres. Editora Moderna, São Paulo, 2001.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diferença entre Física Clássica e Física Moderna; ▪ big-bang, buraco negro, singularidade, gravitação quântica; ▪ tipos de satélites; ▪ fibras óticas; ▪ relatividade especial; ▪ física Quântica; ▪ física Nuclear. 	<p>O livro é dividido em cinco unidades, sendo a última composta por três capítulos somente de Física Moderna. Os capítulos são sobre Relatividade especial, Física Quântica e Física Nuclear. Os outros tópicos se apresentam inseridos nos outros capítulos.</p>	<p>O autor dedica 66 páginas do livro à Física Moderna.</p>
<p><i>Física.</i> Autores: Wilson Carron, Osvaldo Guimarães. Editora Moderna, São Paulo, 2003.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teoria do Big Bang (p. 95); ▪ o telescópio: de Galileu a Hubble (p. 193); ▪ células fotovoltaicas (p. 268); ▪ radiação do corpo negro (p. 298); ▪ relatividade e Física Atômica* (p. 302); ▪ radioatividade e Física Nuclear* (p. 310). 	<p>Os tópicos assinalados com * são os dois capítulos que os autores dedicam somente à FMC. A radiação do corpo negro é tema do capítulo denominado <i>Ondas eletromagnéticas e radiação do corpo negro</i>. Os outros tópicos são de <i>leitura complementar</i>, que aparecem num quadro denominada <i>Ciência e Tecnologia</i>.</p>	<p>Os dois capítulos que tratam somente de Física Moderna são apresentados em 20 páginas. Os demais tópicos totalizam, aproximadamente, 5 páginas.</p>
<p><i>Física: História & Cotidiano.</i> Autores: José Roberto</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redshift (p. 445); ▪ teoria do Big-Bang²¹ (p. 445); 	<p>Somente os tópicos Redshift e teoria do big-bang são</p>	<p>Os três capítulos que abordam temas de Física</p>

²¹ Os tópicos Redshift e Teoria do Big-Bang são explicados num quadro denominado *Física & Cotidiano*, o tema desse quadro é – Efeito Doppler e o universo em expansão.

<p>Bonjorno, Regina Azenha Bonjorno, Valter Bonjorno, Clinton Márcico Ramos. Editora FTD, São Paulo, 2004.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ teoria da Relatividade Especial (p. 607); ▪ as idéias da Física Quântica (p. 614); ▪ radioatividade (pág. 624) 	<p>apresentados em forma de <i>leitura complementar</i>. Os demais são apresentados em três capítulos dedicados somente à FMC.</p>	<p>Moderna são apresentados em 23 páginas. O único texto de leitura complementar que aborda Física Moderna ocupa apenas uma página do livro.</p>
<p><i>Física</i>. Autor: Paulo Ueno. Editora Ática, São Paulo, 2005.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Física Moderna – I (descoberta do elétron, tubos de descargas elétricas e raios catódicos, experiência de Thomson e Millikan, quantum de luz e efeito fotoelétrico) (p. 362); ▪ Física Moderna – II (modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, Bohr-Sommerfeld) (p. 368). 	<p>A física moderna aparece nos dois últimos capítulos do livro.</p>	<p>São dedicadas 10 páginas à Física Moderna.</p>
<p><i>Física Completa</i>. Autores: Regina Azenha Bonjorno, José Roberto Bonjorno, Valter Bonjorno, Clinton Marcico Ramos. Editora FTD, São Paulo, 2001</p>	<p>Não há qualquer referência a tópicos de FMC.</p>		
<p><i>Física: uma proposta de Ensino</i>. Autor: Geraldo Fulgêncio de Oliveira Filho. Editora FTD, São Paulo, 1997.</p>	<p>Não há qualquer referência a tópicos de FMC.</p>		

Após uma análise detalhada dessas obras, verificamos que alguns autores apresentam uma iniciativa, ainda que tímida, em inserir tópicos da física do século XX nos currículos escolares. A maioria dos livros apresenta tópicos de FMC, porém, frequentemente, não contextualizam adequadamente o tema, uma vez que temas como teoria da relatividade, efeito

fotoelétrico, fibras ópticas, teoria do Big-Bang, aparecem em uma seção isolada geralmente intitulada *tópicos especiais*²², dentro de “boxes” ao final de cada capítulo, já sinalizando para um texto, possivelmente, menos importante ou apenas complementar em relação aos demais textos do livro didático.

Os *tópicos especiais* acabam, pois, constituindo-se em textos muito sintéticos, não ocupando, na maioria das vezes, uma página inteira do livro. Como se trata de uma leitura “complementar”, invariavelmente, esse modo de apresentação de conteúdo acarreta a exclusão daquele tema como prioridade.

Os tópicos que aparecem com mais frequência nos livros são: teoria da relatividade, radioatividade, física quântica, modelos atômicos, efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, teoria do Big Bang, física nuclear, supercondutores, fibras ópticas, *laser*, fótons, interações fundamentais e a equação $E = m \cdot c^2$. Sobre cosmologia e astronomia, não encontramos quase nada nos livros verificados. Em geral, assuntos referentes a esses tópicos aparecem como figuras, como é o caso do livro de Bonjorno *et al.* (2001), que traz em sua capa a figura de um ônibus espacial, e em seu conteúdo encontramos a foto de um astronauta (p. 6) e um satélite (p. 8), mas a respeito dessas figuras os autores não fazem referência alguma.

Na obra de Ramalho *et al.* (1999), encontramos alguns tópicos de Física Moderna, como efeito fotoelétrico, por exemplo, mas o autor deixa como sugestão, no guia pedagógico, que o professor elimine esses tópicos, caso o número de aula for insuficiente. Assim, verificamos, novamente, a preferência dada aos tópicos clássicos, enquanto os tópicos modernos ou são deixados como leitura complementar ou simplesmente são esquecidos pelos autores dos livros e, conseqüentemente, pelos docentes da rede de ensino.

Os livros de Gonçalves e Toscano (2002) e de Nicolau *et al.* (2001) nos chamou a atenção em função do capítulo que dedica à gravitação, tema que geralmente não é contemplado no Ensino Médio. Nas duas obras observamos um tratamento diferencial para esse tema.

Na obra de Nicolau *et al.* (2001), encontramos a definição da teoria do Big-Bang, de buraco negro e, também, definições de termos como singularidade e gravitação quântica. O texto que fala sobre a formação do sistema solar é bastante completo. Os autores explicam como se deu

²² (ALVARENGA, 2003; GONÇALVES FILHO, 2002; PARANÁ, 2002; RAMALHO ET AL, 1999).

a formação do sistema solar e fazem um apanhado histórico, ainda que sintético, desde os modelos clássicos até a revolução copernicana²³. O capítulo é dividido da seguinte maneira:

1. O que sabemos do universo (subtítulos: A teoria do Big Bang e Os Buracos negros).
2. Um recuo no tempo (subtítulos: Os filósofos da Grécia antiga, O modelo de Ptolomeu, O modelo de Copérnico, As contribuições de Galileu Galilei e O trabalho de Johannes Kepler).
3. As leis de Kepler do movimento planetário (subtítulos: Primeira lei de Kepler ou lei das órbitas, Segunda lei de Kepler ou lei das áreas e Terceira lei de Kepler ou lei dos períodos).
4. A lei da Gravitação universal (subtítulo: Um segundo enunciado e uma fórmula).
5. Satélite em órbita (subtítulos: Tipos de satélites e Imponderabilidade em órbita).
6. Os satélites de comunicação.
7. A aceleração da gravidade.

Usa-se, nesse capítulo, uma linguagem simples e um tratamento qualitativo da matéria, com quase nenhum apelo à Matemática.

Já no livro de Gonçalves e Toscano (2002), encontramos um texto de leitura complementar com o título *A formação do sistema solar* (p. 68) onde os autores falam sobre o sistema solar e sua origem, definindo conceitos como gigante vermelha, anã branca, supernova, estrela de nêutrons e buraco negro, é um texto bem ilustrado. Ao final do capítulo, numa seção intitulada *Texto e Interpretação* (p. 78), encontramos a teoria da gravitação de Newton e de Einstein e uma breve definição da teoria do Big-Bang.

Logo após esse texto, os autores propõem quatro questões sobre o texto para os alunos, duas delas são: “Qual a principal característica da teoria da gravitação de Newton?” e “E da Teoria Elaborada por Einstein?” (GONÇALVES; TOSCANO, 2002, p. 79)

O tratamento dado pelo autor ao conteúdo deste capítulo é também qualitativo e, em relação às obras congêneres, trata-se de um livro que pode ser considerado como ‘regular’.

²³ Modelo de Anaximandro, de Anaxímenes, de Pitágoras, de Anaxágoras, de Platão, de Aristóteles, Ptolomeu e de Copérnico.

Paraná (2002), autor de um livro abordado com frequência entre os docentes do Ensino Médio da rede pública, apresenta em toda sua obra, apenas três textos que tratam de assuntos modernos. Nesses textos encontramos tópicos como quarks, raios X, raios *laser*, teoria do Big Bang, geometria do espaço e o telescópio Hubble. Segundo tratamento dado pelo autor a esses tópicos, concluímos que eles estão presentes no livro a título de curiosidade, são bem resumidos e não passam de uma breve definição do assunto em questão. No restante do texto encontramos vários exercícios propostos e um tratamento dado ao conteúdo bastante formulístico.

O livro de Ugo Amaldi (1995) tem um único volume e cobre áreas da Física que vão da Mecânica Clássica ao Eletromagnetismo. A última parte é dedicada à Física Atômica e Subatômica. Em relação às obras semelhantes, esse livro apresenta alguns aspectos positivos, pois valoriza conceitos físicos e não se resume apenas à demonstração de fórmulas matemáticas, além de dedicar quatro capítulos somente à Física Moderna.

Também observamos, nesse texto, que os exercícios só aparecem no final do livro e não entre os capítulos como de costume. Ainda assim, o autor dedica 99 páginas de seu texto a exercícios propostos, e somente 34 delas a FMC, enquanto o conteúdo total é apresentado em 540 páginas.

Quanto ao livro de Gaspar (2002), é possível observar um grande esforço para inserir temas mais modernos de Física nos currículos escolares. Tópicos modernos permeiam os três volumes que compõem o material. Geralmente são textos curtos, que complementam ou ampliam o texto propriamente dito, ora desenvolvendo aspectos históricos, ora apresentando aspectos mais modernos relacionados com o capítulo, ou ainda mostrando aplicações curiosas da Física, fazendo assim uma ligação entre a Física Moderna e a Física Clássica. Além disso, o autor dedica os quatro últimos capítulos do livro somente à Física Moderna. O autor esclarece no manual do professor:

Merecem ainda um destaque especial os quadros de Física Moderna. Eles foram planejados para preparar o professor e o aluno para as novas idéias da física, que serão abordadas com mais detalhes nos quatro últimos capítulos do volume 3. Procure ler todos eles e estimular seus alunos a fazer o mesmo. A inexistência da física moderna no ensino médio é tão absurda quanto insustentável. Não é possível que se ensine uma ciência desatualizada em 150 anos! Você se consultaria com um médico com esse nível de desatualização?

Por isso, mais cedo ou mais tarde, ela será introduzida no ensino médio, e o professor deve se preparar para isso. A argumentação de que são idéias difíceis de entender, que exigem conhecimentos matemáticos muito avançados, não é válida. Qualquer tópico de física, depende da abordagem escolhida, pode exigir conceito matemáticos avançados, desde a mecânica, passando pela termodinâmica, até o eletromagnetismo e a óptica. Se o professor se dispuser a estudar e a apresentar aos seus alunos os capítulos sobre física moderna, vai se surpreender com a simplicidade de alguns conceitos. Não é a matemática ou a complexidade dos conceitos e teorias que tornam a física moderna difícil, mas o inusitado de muitas idéias. Por exemplo, da forma como está apresentada a teoria da Relatividade não é muito mais difícil que a cinemática elementar. Não há dificuldade em compreender as idéias contidas nessa teoria, mas sim em aceitá-las – o que não é um problema, mas uma solução. O desafio que essas idéias apresentam em termos de visão é compreensão do universo em que vivemos é extraordinariamente motivador, sobretudo para o adolescente, ávido por idéias novas e revolucionárias. O mesmo acontece com a mecânica quântica, que apresenta idéias ainda mais intrigantes. Temos a certeza de que os alunos irão se entusiasmar muito mais com essa física, que os coloca diante de questões vivas e atuais, do que com a ‘singela’ física dos carrinhos, bloquinhos e planos inclinados de que os professores tanto gostam (GASPAR, 2002, p. 6).

Quanto ao tratamento dado pelo autor à FMC e os demais conteúdos do livro, observamos que o autor demonstra uma preocupação maior com os conceitos físicos do que com a dedução e apresentação de equações matemáticas. Mesmo assim, o número de exercícios que o autor propõe aos alunos é bastante grande, totalizando 2332 exercícios nos três volumes.

Nos livros de Nicolau *et al.* (2001), Carron *et al.* (2003), Bonjorno *et al.* (2004), e Ueno (2005), também encontramos dois ou três capítulos dedicados à FMC, mas o método usado para abordar conceitos desse conteúdo não foge muito da metodologia usada para abordar os temas clássicos. Os conteúdos são freqüentemente elaborados mediante a apresentação de fórmulas. Os autores sempre insistem na solução de exercícios repetitivos, aspirando que o aprendizado ocorra pela memorização e não pela construção do conhecimento. Além disso, a maioria dos livros não aborda tópicos de história da ciência e nem propõem experimentos.

Nos capítulos que abordam o conceito de relatividade, a grande parte dos exercícios são de

aplicação das seguintes equações:
$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}; \quad L = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}; \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

$Q = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, tornando assim os exercícios muito repetitivos e matemáticos. Em relação à

teoria, ou melhor, à nova concepção de mundo advindo da relatividade, há um vazio observado nos exercícios.

Examinamos, também, nos livros, o número de páginas que os autores dedicam à FMC, e constatamos que esse número é muito reduzido. Abaixo, apresentamos um quadro no qual mostramos o número de páginas que o livro possui, o número de páginas dedicadas a temas da FMC e a porcentagem representativa desse conteúdo nos materiais didáticos analisados. Estão presentes no quadro somente os livros que dedicam capítulos inteiros à FMC.

Quadro 3 – Comparação entre as páginas que o livro possui e o número de páginas dedicadas a FMC

Livro	Número total de páginas do livro didático	Numero de página dos capítulos de FMC	Porcentagem aproximada do livro dedicado à FMC.
<i>Física</i> . Autor: Alberto Gaspar. Editora Ática, São Paulo, 2002	384 (1.º volume) 416 (2.º volume) 448 (3.º volume)	112 (apresenta capítulos de FMC somente no 3.º volume)	9%
<i>Imagens da Física</i> . Autor: Ugo Amaldi. Editora Scipione, São Paulo, 1995.	540	34	6,3%
<i>Física ciência e tecnologia</i> . Autores: Gilberto Ferraro Nicolau, Paulo César Pentead, Paulo Soares Toledo e Carlos Magno Torres. Editora Moderna, São Paulo, 2001.	666	66	9,9%
<i>Física</i> . Autores: Wilson Carron, Osvaldo Guimarães. Editora Moderna, São Paulo, 2003.	338	20	5,9%
<i>Física: História &</i>			

<i>Cotidiano</i> . Autores: José Roberto Bonjorno, Regina Azenha Bonjorno, Valter Bonjorno, Clinton Márcico Ramos. Editora FTD, São Paulo, 2004.	672	23	3,4%
<i>Física</i> . Autor: Paulo Ueno. Editora Ática, São Paulo, 2005.	416	10	2,4%

Assim, podemos ver que, mesmo quando os livros trazem conteúdos de FMC, o número de páginas que os autores dedicam a essa temática é muito reduzido. Existem livros que não dedicam 5% do seu conteúdo à FMC. O livro, *Física*, de Ueno (2005), por exemplo, é, entre os livros analisados, o mais recente. No entanto, dedica apenas 2,4% do seu conteúdo à FMC, enquanto para questões de concursos vestibulares e Enem (Exame Nacional de Ensino Médio), o autor dedica 43 páginas, o que totaliza, em média, mais de 10% do livro, excetuando-se os exercícios que são propostos no decorrer dos capítulos.

O livro *Imagens da física*, de Amaldi (1995) que, em termos de conteúdo, foi um dos mais conceituados, também falha nessa parte, pois dedica 99 páginas a exercícios, ou seja, aproximadamente 18%, enquanto à FMC, dedica apenas 6,3%, quase três vezes menos.

É importante, ainda, ressaltar que o livro-texto possivelmente mais adotado nas escolas paranaenses, *Física Completa*, de Bonjorno *et al.* (2001) não apresenta nenhum tópico de FMC²⁴. Além disso, aproximadamente 55% do seu total correspondem a propostas de exercícios clássicos. A obra de Alvarenga e Máximo (2003) também possui as 95 páginas finais dedicadas somente a questões e testes de concursos e vestibulares²⁵, (excetuando-se os exercícios que os autores propõem entre os capítulos), ou seja, páginas do livro que poderiam conter tópicos de física moderna, quadros de história da ciência, são dedicadas somente a exercícios teóricos.

²⁴ A única referência à Física Moderna que encontramos no livro, além de algumas figuras, como já citamos no texto. Também encontramos, na página 9, a seguinte frase: “A teoria da relatividade, publicada por Einstein em 1905, provocou uma verdadeira revolução no campo científico. As mais arraigadas certezas, baseadas nas leis da mecânica de Newton, passaram a ser revistas” (BONJORNIO *et al.*, 2001).

²⁵ É importante lembrar que nessa obra, a autora não dedica nenhum capítulo à FMC, e os tópicos dessa parte da Física que aparecem no decorrer dos capítulos são muito reduzidos.

Assim, constatamos que, enquanto os livros estão se preocupando apenas em propor exercícios e treinar os alunos a resolverem problemas de vestibular, esquecem-se de ensinar tópicos importantes que fazem parte da disciplina de Física, como tópicos da Física do século XX.

Com isso, concluímos, por meio desses dados, que o método de ensino de Física adotado nas escolas tem como consequência a transformação de seus alunos em meros “solucionadores de exercícios”. Os livros didáticos deixam isso bem claro, pois propõem uma série de exercícios repetitivos, para os quais os alunos precisam somente aprender técnicas de resolução a fim de serem aprovados em concursos vestibulares.

Como aponta a análise, o ensino de Física em nossas escolas secundárias está referenciado por livros de má qualidade, como muitas cores, figuras e fórmulas, com quase nada de texto para leitura e muitos exercícios para resolução. O ensino está distorcido pelos programas de vestibular, que promovem a adoção de livros didáticos com poucos textos e muitos problemas para serem resolvidos.

Para Terrazan, (1994, *apud* ALVETTI, 1999), a Física estudada na escola de Ensino Médio deve permitir aos estudantes pensar e interpretar o mundo que os cerca. Nesse nível de escolaridade devemos formar jovens, cidadãos plenos, conscientes e, sobretudo, capazes de participar na sociedade. Sua formação deve ser o mais global possível, pois sua capacidade de intervenção na realidade em que está imerso tem relação direta com sua capacidade de leitura, de compreensão, de construção dessa mesma realidade. Entretanto, o modelo de ensino de Física aponta para caminhos metodológicos muito diferentes desses, produzindo um ensino de física quase sempre ineficaz.

E com essa análise de livros didáticos, verificamos que existe uma iniciativa por parte da maioria dos autores, em inserir tópicos de FMC, mas a abordagem feita desses tópicos ainda deixa muita a desejar. Tanto os conteúdos modernos como os clássicos precisam passar por uma revisão urgente, deixando de ter como base os concursos para vestibular e adotando um método que ensine o aluno a pensar e se preparar para viver o mundo atual.

II – O PENSAMENTO DOS PROFESSORES A RESPEITO DA INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Participaram desse estudo seis²⁶ professores de Física do Ensino Médio, três homens e duas mulheres, sendo todos da rede pública de ensino da região noroeste do Paraná, numa faixa etária entre 24 e 50 anos e tempo de magistério entre 9 meses e 15 anos.

No quadro 4, são apresentados os professores que participaram da pesquisa e suas formações.

Quadro 4 – Professores que participaram da pesquisa

Formação e instituição de ensino	Sujeitos da pesquisa				
	Professor 1	Professor 2	Professor 3	Professor 4	Professor 5
Instituição em que atua como professor	Colégio Estadual Monteiro Lobato, Colorado-PR	Colégio Estadual Monteiro Lobato, Colorado-PR	Centro de Aplicação Pedagógica – CAP, Maringá-PR	Centro de Aplicação Pedagógica – CAP, Maringá-PR	Colégio Estadual Santa Maria Goretti, Maringá-PR
Graduação	Ciências – Habilitação em Física	Física	Matemática	Matemática	Ciências – Habilitação em Matemática
Instituição	Faculdade de Ciências, Letras e Educação de Presidente Prudente, Presidente Prudente-SP	Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá-PR	Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá-PR	Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá-PR	Fundação Faculdade de Filosofia, Ciências e letras de Mandaguari – FAFIMAN, Mandaguari-PR
Pós-Graduação	“ <i>lato sensu</i> ”, a nível de especialização em Psicopedagogia	Mestrado em educação para a Ciência e o Ensino de		Mestrado em Física (em andamento)	Especialização em Educação Matemática

²⁶ Um dos professores entrevistados não entregou o questionário. Por isso nos quadros, apresentamos a resposta de cinco professores apenas.

		Matemática (em andamento)			
Instituição	Universidade Paranaense – Unipar, Paranavaí-PR	Universidad e Estadual de Maringá – UEM, Maringá-PR		Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá-PR	Faculdade Estadual de Educação Ciências e Letras de Paranavaí – FAFIPA, Paranavaí-PR
Tempo de atuação no Ensino Médio	15 anos	9 meses	3 anos	12 anos	3 anos

De acordo com Bardin (1977), a AC deve seguir uma série de etapas precisas, que se inicia com a organização do material de trabalho e, em seguida, definem-se as unidades de registro, que serão analisadas pelo pesquisador. Assim inicia-se sua categorização, que significa determinar as dimensões que serão analisadas e que definem a teia da grade de análise. Estas categorias serão determinadas em função da necessidade da informação a testar.

Assim, definido o universo de estudo, e as unidades de registro que nesse caso é o discurso dos professores, iniciamos a identificação das idéias dos professores pela leitura detalhada dos questionários.

No questionário (apêndice II), constam 13 questões sobre a inserção da FMC no Ensino Médio e, a partir das respostas dadas pelos cinco professores a cada uma das perguntas, foram identificadas algumas categorias. Resumindo, a análise dos questionários desenvolveu-se em três etapas:

- 1) definição das unidades de registro;
- 2) leitura detalhada dos questionários;
- 3) categorização das respostas;
- 3) análise dos dados extraídos nas etapas anteriores.

A seguir, os quadros apresentam a análise de conteúdo para cada questão respondida pelos professores participantes da pesquisa.

Quadro 5 – Análise de conteúdo da questão: *O que você acha da inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?*

Categoria	professor	Fala	análise
Concorda com a Inserção da FMC no nível médio	P1	<i>“Com certeza é bem condizente com o momento em que vivemos, bem mais contextualizado que a Física Clássica”.</i>	A FMC consegue explicar alguns conceitos que a Física Clássica não explica.
	P2	<i>“Acho importantíssimo, pois esse conteúdo é pouco aplicado nas escolas de Ensino Médio [...]”.</i>	O professor enfatiza a importância de ensinar FMC no nível médio.
	P3	<i>“Acho bom, pois alguma coisa tem que ser feita para melhorar o ensino aprendizagem”.</i>	O professor reconhece a defasagem do ensino-aprendizagem; a FMC poderia melhorar a qualidade do ensino.
	P4	<i>“Fundamental”</i>	O professor não estende seu discurso, resumindo em uma única palavra sua aprovação em inserir tópicos modernos no Ensino Médio.
	P5	<i>“De suma importância, pois estando fora do Ensino Médio, acaba ficando muito vago o aprendizado”.</i>	Para o aprendizado ser completo, o aluno precisa aprender FMC, que consegue explicar alguns conceitos que a Física Clássica não consegue.
Não concorda com a inserção da FMC no nível médio	Não encontramos respostas que se enquadrem nessa categoria		

A partir do quadro, podemos observar que todos os professores entrevistados concordam com a inserção da FMC no ensino de nível médio. De acordo com a análise das respostas, concluímos que os professores estão preocupados com a defasagem que sofre o ensino de Física em relação aos tópicos ensinados. Tópicos de Física importantes desenvolvidos no século XX estão sendo omitidos dos currículos de Ensino Médio, e os professores concordam que a falta desses tópicos nos currículos está prejudicando o ensino aprendizagem dos estudantes.

Quadro 6 – Análise de conteúdo da questão: *Você se encontra preparado para ensinar Física Moderna e Contemporânea para seus alunos? Por quê?*

Categoria	Professor	Fala	Análise
Sim	P4	<i>“Sim, pois estudei a disciplina de Física Moderna e também pesquisei sobre o assunto”.</i>	O professor demonstra interesse em aprender mais sobre FMC.
Mais ou menos	P5	<i>“Um pouco, não completamente, porque não fiz o curso de Física completo”.</i>	O professor não é formado em Física, por isso não se sente capacitado para lecionar FMC.
não	P1	<i>“Sinceramente não, pois o conhecimento que possuo não é sólido o suficiente para ser o embasamento ou o parâmetro que se deve passar para os alunos”.</i>	O conhecimento que os professores têm não é suficiente.
	P2	<i>“Não, porque não tenho um conhecimento satisfatório sobre o tema”</i>	
	P3	<i>“Os conceitos de Física Moderna são muito complexos, então tenho dificuldade para entendê-los [...] gostaria de [...] me preparar mais, com cursos complementares, pois meus conhecimentos não são suficientes”</i>	O professor considera os tópicos de FMC difíceis, por isso tem dificuldades para falar sobre o assunto.

Como vemos, a maioria dos professores entrevistados não se sentem preparados para ensinar tópicos de FMC a seus alunos. Apenas um dos professores tem formação em Física e mesmo esse respondeu que gostaria de preparar-se mais para ministrar tópicos de FMC em sala de aula, enquanto a maioria, graduados em Matemática, respondeu negativamente à questão, pois o curso de Matemática não oferece a disciplina de Física Moderna.

Disso inferimos, também, que os cursos de formação de professores também precisam ser revistos, pois se licenciados em matemática têm habilitação para lecionar Física, deveriam terminar o curso preparados para lecionar qualquer tópico de Física. E, quanto aos licenciados em Física, o problema é ainda mais sério, pois não deveria nem ser questionável se um professor com tal formação tem condições ou não de ensinar FMC a seus alunos do Ensino Médio.

Concluimos, portanto, por intermédio das respostas a essa questão que, para ocorrer uma reformulação curricular no Ensino Médio que contemple tópicos de FMC, também é preciso ocorrer mudanças nos cursos de formação de professores.

Quadro 7 – Análise de conteúdo da questão: *Quais as vantagens e desvantagens de se ensinar Física Moderna e Contemporânea para seus alunos de Ensino Médio?*

Categorias	Professor	Fala	Análise
Citou apenas vantagens	P1	<i>“Bem, acho que as vantagens são várias: analisar e entender equipamentos tecnológicos que utilizamos no dia a dia; refletir e ver as aplicações de pesquisa científica na medicina, nos alimentos, etc.”</i>	A FMC está relacionada à atualidade, o aluno precisa se familiarizar com o mundo moderno em que vivemos.
	P2	<i>“Não vejo desvantagens, as vantagens seriam que os alunos teriam uma base sobre a física do século XIX e XX. Poderiam entender todo o processo evolutivo da ciência física, conseguindo relacionar os temas da física clássica com os da física moderna. Outra vantagem é que teriam mais conhecimento da física completa.”</i>	O professor se preocupa mais com o processo histórico; os alunos precisam conhecer todas as etapas do desenvolvimento da Física.

	P4	<i>“Interação do aluno com a Física Moderna, raio X, Raio laser, Física atômica, descobrir como funciona os aparelhos, etc”.</i>	O professor se preocupa com o cotidiano, os alunos precisam conhecer as tecnologias que os cercam.
Não respondeu a questão	P3		Os professores não têm conhecimento suficiente sobre o que é FMC ²⁷ .
	P5		

Quadro 8 – Análise de conteúdo da questão: *Você aborda algum tema de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?*

Categorias	Professor	Fala	Análise
Sim	P1	<i>“Muito pouco! Em alguns tópicos até que é possível citar e contextualizar com a Física Moderna e Contemporânea”.</i>	O professor relaciona a Física Moderna com a Física Clássica quando possível.
	P2	<i>“Sim, para o primeiro ano, abordo com a história da física, relação dos cientistas e teorias entre a física clássica e moderna. Analisando cada cientista temos uma idéia de como foi a evolução da física. Ex. Galileu até Einstein. No terceiro ano está proposto estudarmos ondulatória, apontarei o efeito fotoelétrico, o espectro magnético, raios-X, dualidade onda partícula. Dentro da óptica geométrica da pra ver fibras óptica e velocidade da luz”.</i>	O professor tenta relacionar a Física Moderna com a Física Clássica; faz uma abordagem histórica relacionando cada cientista com suas teorias.
	P4	<i>“Sempre que possível”.</i>	Notamos, na resposta, que existem alguns empecilhos para se falar sobre FMC em sala de aula, mas o professor não cita quais.

²⁷ O professor P5 me confessou durante nossa primeira conversa, não saber o que é FMC, mas no questionário não fez nenhuma referência sobre essa afirmação.

	P5	<i>“Tento as vezes, quando o tempo ajuda. Já é difícil trabalhar o conteúdo proposto, com duas horas aulas por semana você tem que fazer milagre”.</i>	O professor tenta falar sobre FMC com seus alunos, mas tem pouco tempo pra isso.
Não	P3	<i>“Não ainda”.</i>	O professor demonstra interesse em ensinar tópicos de FMC a seus alunos.

Apesar de a maioria dos professores não se sentirem preparados para abordar tópicos de FMC em sala de aula, quatro dos cinco entrevistados disseram que, quando possível, tentam falar sobre o assunto com seus alunos, mesmo que muito pouco. Tentam contextualizar a FMC com a Física Clássica ou relacioná-la com a História da Física. Isso prova que existe interesse por parte dos professores na inserção desses tópicos no Ensino Médio.

Questionamos a esse pequeno grupo de professores sobre o laboratório de Física a fim de verificar se a escola está preparada para proporcionar aulas práticas aos seus alunos, visto que vários tópicos de FMC podem ser estudados em laboratório.

Quadro 9 – Análise de conteúdo da questão: *Sua escola possui laboratório de Física? Se sim em quais condições?*

Categorias	Professor	Fala	Análise
Possui	P1	<i>“Sim, é um laboratório recente, portanto estamos trabalhando no sentido de adquirir e confeccionar alguns experimentos e materiais afins, mas ainda falta muita coisa”.</i>	Falta material para realizar certos experimentos.
	P2	<i>“Sim, as condições são boas para o ambiente, sala grande, com bancadas, mas em experimentos deixa muito a desejar, falta material. O laboratório de física, química e biologia são juntos. Tem muito o que fazer neste laboratório, digo muito para elaborar”.</i>	O laboratório tem um bom espaço físico; Não há material suficiente para realizar alguns experimentos de Física.

	P3	<i>Sim, devido ao pouco tempo na escola ainda não conheço plenamente o laboratório”.</i>	O professor não tem condições de descrever o estado do laboratório.
	P4	<i>Sim, normais faltando ainda alguns kits para aplicações de alguns experimentos”.</i>	O laboratório esta incompleto.
Não possui	As três escolas que realizamos a pesquisa possuíam laboratório.		
Não respondeu	P5		O professor não conhece as condições do laboratório.

Conforme o relato dos professores, as três escolas possuem laboratório de Física, mas incompletos, faltando vários equipamentos necessários para a execução de alguns experimentos.

A fim de fazer uma relação com a análise de livros, questionamos, também, qual livro didático os professores adotam em sala de aula, levantamento que resultou no quadro 10.

Quadro 10 – Análise de conteúdo da questão: *Qual livro didático que você usa em sala de aula? Este livro aborda tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Se sim o que você acha do tratamento dado pelo autor?*

Categorias	Professor	Fala	Análise
Livros que abordam FMC	P4	<i>“Curso de Física – Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo. O tratamento feito pelo autor abrange idéias da Teoria da Relatividade e da Teoria Quântica, introduzindo uma explosão de novas idéias e avanços tanto de caráter conceituais como práticos, relacionando-se com tópicos diverso, tais como a cosmologia, a Física de</i>	Ver análise do livro no tópico: <i>Livros didáticos de Ensino Médio: uma análise qualitativa.</i>

		<i>partículas, a Física dos materiais, etc. [...]</i> ”.	
Livros que não abordam FMC	P3	<i>Física completa – Bonjorno et al.</i>	Ver análise do livro no tópico: <i>Livros didáticos de Ensino Médio: uma análise qualitativa.</i>
	P2	<i>“Física completa – Bonjorno et al. [...]o autor dá muita ênfase a física clássica [...]</i> ”.	Ver análise do livro no tópico: <i>Livros didáticos de Ensino Médio: uma análise qualitativa.</i>
	P1	<i>“Atualmente a escola não está mais adotando livros. Trabalhamos com vários materiais: textos e exercícios do livro ‘Física Completa’ (Bonjorno – volume único). Textos e exercícios da apostila III milênio e outros autores acessíveis aos alunos. Não abordam Física Moderna e Contemporânea”.</i>	Ver análise do livro no tópico: <i>Livros didáticos de Ensino Médio: uma análise qualitativa.</i>
Não disse se o livro aborda FMC	P5	<i>“Não uso um apenas. Procuo escolher conteúdos de vários livros, pois eu posso tudo no quadro, os alunos não têm livro”.</i>	

Dois professores disseram abordar o livro de Bonjorno (2001) e um disse trabalhar com os exercícios desse mesmo livro. Como mencionamos anteriormente, esse livro não faz referência alguma a qualquer tópico de FMC.

Quadro 11 – Análise de conteúdo da questão: *Seus alunos levantam questionamento sobre temas de Física Moderna ou Contemporânea em sala de aulas?*

Categorias	Professor	Fala	Análise
sim	P5	<i>“Muito pouco, quase nunca”.</i>	São raras as perguntas sobre FMC em sala de aula.
	P2	<i>“Alguns. Em médio 2 numa sala de 40 alunos”.</i>	
	P1	<i>“Raramente”.</i>	

	P4	<i>“Sim, as vezes aos alunos fazem perguntas que estão relacionadas com a Física Moderna e não se dão conta disso. Que trata-se de acontecimentos do cotidiano, como por exemplo a biofísica, física das partículas, etc”</i> ,	Os alunos convivem com a Física Moderna, interessam-se por isso, mas não sabem que esses assuntos são tópicos de FMC.
não	P3	<i>“Ainda não”</i> .	A opinião do professor é que os alunos ainda vão questionar mais sobre FMC em sala de aula.

Quadro 12 – Análise de conteúdo da questão: *Quais outras possíveis fontes de informações que os alunos poderiam estar acessando sobre Física Moderna e Contemporânea?*

Categorias	Professor	Fala	Análise
Internet, livros, filmes, etc.	P1	<i>“Alguns sites de Internet e filmes”</i> .	Os outros possíveis contatos que os alunos têm com a FMC, na opinião dos professores, são sites de Internet, filmes, TV.
	P4	<i>“Internet, livros paradidáticos, revistas da sociedade brasileira de física, jornais, etc”</i> .	
	P2	<i>“eu acho que a mais usada e acessível e a Internet e um pouco televisão”</i> .	
Não respondeu	P5	_____	Os professores não responderam, talvez por não saberem em quais outras fontes que os alunos poderiam ter informações sobre FMC.
	P3	_____	

Quadro 13 – Análise de conteúdo da questão: *Você acha que seus alunos se interessariam por temas, como a teoria da relatividade, a origem do universo, entre outros?*

Categorias	Professor	Fala	Análise
Sim	P1	<i>“Acredito que sim”.</i>	O professor demonstra dúvidas se seus alunos se interessariam por temas como os citados.
	P2	<i>“Sim, a física moderna teria que ser transmitida a eles com muito entusiasmo e bem esclarecida para não haver falta de interesse”.</i>	É necessário que o professor demonstre interesse e clareza ao falar sobre determinado assunto, pois ao contrário, os alunos podem perder o interesse.
	P3	<i>“Estou a pouco tempo no colégio ainda, mas é possível que no futuro sim”.</i>	No momento, o professor não percebe nenhum interesse por parte dos alunos em aprender tópicos novos.
	P4	<i>“Com certeza, são alunos curiosos e pequenos cientistas que sabem a grande influência de Einstein no meio científico e tem interesse em saber sobre a teoria da relatividade e a origem do universo.”</i>	Os alunos são bastante curiosos, na opinião do professor.
	P5	<i>“sim”.</i>	O professor não justifica sua resposta.
Não	Nenhum professor respondeu que não.		

Quadro 14 – Análise de conteúdo da questão: *Você acha que é possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio? Se sim, de que forma?*

Categorias	Professor	Fala	Análise
sim	P1	<i>“Pode ser que seja possível, mas no contexto atual onde a formação do professor é deficiente nessa área e a carga horária dos alunos cada vez que muda de governo, muda de grade e para pior!! Eu tenho dúvidas quanto a qualidade do que será ensinado!!”</i>	Sim, mas existem alguns obstáculos como deficiência na formação do professor; carga horária reduzida.
	P2	<i>“Sim, mas primeiro haveria de ter um curso preparatório para tal função, digo, a nível de um ensino mais abrangente. Mas a nível superficial, acredito que já está sendo feito”.</i>	O professor acredita que algo já está sendo feito em relação ao ensino de FMC no Ensino Médio. Só é preciso melhorar.
	P3	<i>“Eu penso que tudo é possível de ser ensinado no ensino médio”.</i>	O professor acredita no potencial dos alunos.
	P4	<i>“Sim, mas sem sacrificar tópicos fundamentais da Física clássica, ou de maior interesse para os estudantes”.</i>	A Física Moderna deve ser inserida no Ensino Médio, desde que não exclua tópicos importantes da Física Clássica.
	P5	<i>“Somente se a grade curricular aumentar. Com 2 aulas semanais é praticamente impossível”.</i>	A maior preocupação do professor é quanto à carga horária.
Não	Nenhum professor respondeu que não.		

Quadro 15 – Análise de conteúdo da questão: *Se a Física Moderna e Contemporânea fosse ensinada no Ensino Médio, quais sugestões você teria para essa inserção?*

Categorias	Professor	Fala	Análise
O professor apresenta sugestões	P1	<i>“Não tenho uma opinião definida sobre essa situação, mas com certeza o professor terá que passar por um curso de capacitação; os conteúdos de Física Clássica deverão ser revistos e reestruturados e o que fazer com a grade que se apresenta?? Sinceramente eu acredito que haverá inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino Médio e me preocupo de que forma será feita essa inserção!”</i>	O professor demonstra preocupação a respeito dessa questão, pois se encontra despreparado para tal função e, além disso, a carga horária atual é muito reduzida.
	P2	<i>“Teria que ser paralela a Física Clássica, [...] - cursos preparatórios para professores; - Livros didáticos com mais FMC; - Experiências didáticas para laboratório; - Aumentar a grade curricular do Ensino Médio.”</i>	O professor cita as mudanças que teriam que ser feitas para se inserir FMC no Ensino Médio.
	P4	<i>“Conteúdos mais aguçados nos livros de Física; 1 hora-aula a mais no 3º ano de Ensino Médio; laboratórios apropriados e adequados para pequenos experimentos”.</i>	
O professor não tem nenhuma sugestão	P3	<i>“Ainda não tenho sugestão para isso, mas me interessa”.</i>	O professor mostra que não conhece bem o assunto, mas se interessa por ele.
Não responde a questão	P5		Novamente, o professor demonstra estar desatualizado em relação à FMC.

As duas últimas questões do questionário tinham como objetivo identificar quais as possíveis sugestões os professores têm para a inserção da FMC no Ensino Médio. E, como vimos, nessas respostas, os professores apontaram algumas dificuldades em abordar tópicos de FMC nas escolas de Ensino Médio, tais como:

- a) o pouco tempo para ministrar tais conceitos, pois a carga horária dedicada à Física é muito reduzida, sendo de duas, ou menos freqüentemente, três aulas semanais;
- b) a falta de capacitação dos professores;
- c) o exame vestibular para ingresso nas universidades que, na maioria das vezes, não cobram tópicos de FMC. Assim, as escolas se limitam a ensinar somente os assuntos exigidos nesses exames²⁸;
- d) alguns conceitos de FMC são difíceis e abstratos, gerando dificuldade no entendimento dos alunos;
- e) livros didáticos desatualizados e com poucos tópicos referentes à FMC.

Embora tais fatores possam constituir obstáculos para a inserção da FMC nas escolas de Ensino Médio, não são impedimentos definitivos que não possam ser estudados e revistos.

A carga horária disponível para a disciplina de Física nas escolas representa, também, um problema no ensino de tópicos da Física Clássica. Os professores das escolas estaduais, na maioria das vezes, não conseguem cumprir a programação dessa disciplina para o Ensino Médio. Tal condição exige a seleção de temas prioritários. Então, porque não abranger noções clássicas e modernas num mesmo planejamento?

Quanto à falta de capacitação dos professores, cursos preparatórios para ministrar FMC poderiam ser elaborados, desde que com metodologia, tempo e preparação adequados. Além disso, pesquisas já estão sendo realizadas com o objetivo de preparar materiais didáticos como bibliografia de consulta para professores de Ensino Médio sobre tópicos de FMC²⁹. Essa poderia ser, também, uma das soluções para a questão do livro didático que se encontra defasado em relação ao momento científico em que vivemos.

A influência que o vestibular exerce nas escolas poderia ser repensada, pois a escola deveria preparar o aluno não só para ingressar numa universidade, mas também para uma vida consciente e participativa na sociedade, de forma que o aluno possa concluir o Ensino Médio com uma visão de mundo mais atualizada. E, além disso, nem todos os alunos que concluem o

²⁸ Essa questão não aparece nas respostas dos questionários, mas ao expor a pesquisa para os professores e falarmos sobre o assunto, alguns professores citaram o problema do vestibular durante a conversa.

²⁹ Ostermann e Moreira (2000); Ostermann e Cavalcanti (1999); Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998); Veit *et al* (1987); Peduzzi e Basso (2005); Cavalcante e Benedetto (1999); Cavalcante *et al* (1999); Ostermann e Rezende (2004); Alvetti (1999).

Ensino Médio vão para uma universidade. De acordo com Ostermann (1999, p. 1) “dos 33,7 milhões que ingressam no ensino fundamental, apenas 5,9 milhões conseguem chegar à escolaridade de nível médio, segundo o International Council of Associations for Science Education, 1999”, para muitos esse “representa o único contato, na educação formal, com a Física como corpo de conhecimento humano construído”.

O fato de alguns conceitos de FMC serem difíceis também não é condição suficiente para não ser ensinada no Ensino Médio, pois a Física Clássica pode ser tão complexa quanto a Física Moderna. No ensino de tópicos Clássicos e Modernos é preciso abordar o conteúdo levando em conta as atuais condições de desenvolvimento cognitivo que o aluno possui, de forma que ele possa entender, de forma clara e fácil, o assunto em questão.

Podemos concluir, então, que, apesar de a maioria dos professores entrevistados não se sentir preparada para lecionar tópicos de FMC, todos os professores concordam que apresentar tópicos da Física Moderna a alunos de Ensino Médio é de muita importância no momento em que vivemos.

Por meio desse questionário, verificamos, também, que os professores não estão contentes com a situação em que se encontra o ensino atual. É preciso aumentar a carga horária, o conteúdo abordado em sala de aula está defasado, e o livro didático precisa ser repensado, pois deixa muito a desejar. Verificamos, também, não só por meio do questionário, mas pelo contato que tivemos com os professores, com a escola e com os alunos, que os docentes da rede pública de ensino são peças muito importantes na elaboração de um novo currículo, pois além de ser o professor de Ensino Médio, que vive dia-a-dia o problema das escolas, eles têm muitas sugestões a oferecer e idéias sobre a melhor maneira de inserir tópicos da FMC nos tão defasados currículos de Ensino Médio.

III – O CONHECIMENTO QUE OS ALUNOS APRESENTAM SOBRE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Utilizamos, como instrumento para levantamento de idéias que os alunos têm sobre FMC um questionário aberto, envolvendo 6 questões. A questão de número 6 continha 9 subitens

(apêndice III). Esse questionário, como salientado anteriormente, foi respondido por 47 alunos matriculados no terceiro ano do Ensino Médio de escolas públicas, de ambos os sexos, na faixa etária entre 16 e 20 anos.

A aplicação do questionário se deu durante uma aula³⁰ de 50 minutos, na escola em que os alunos estudavam, para evitar que as respostas tivessem algum tipo de interferência.

Para a análise das respostas, usamos as técnicas de análise de conteúdo categorial, como descrito anteriormente. Assim, iniciamos a identificação das idéias dos alunos pela leitura detalhada das respostas dadas pelos 47 alunos³¹. Para cada uma das perguntas foram identificadas várias categorias, elencadas nos quadros abaixo.

Quadro 16 – Análise de conteúdo da questão: *Você sabe qual a diferença entre a Física Moderna e a Física Clássica? Se sim, explique.*

Categorias	Sub categorias	Frequência	Exemplos	Análise
Nada sabe sobre o tema		78,3%		
Já ouviu falar		8,7%	<p><i>“Eu já estudei Física Moderna e Física Clássica, mas no momento não lembro”.</i></p> <p><i>“Já ouvi falar, mas não sei explicar”.</i></p>	Provavelmente o aluno constata alguma diferença entre Física Clássica e Física Moderna, mas ou não se “lembra” ou não sabe explicar.
Respondeu de forma equivocada ou ambígua	Resposta baseada no nome “Física Moderna” e “Física Contemporânea”.	10,8%	<i>“[...] física moderna seria os componentes que são usados hoje. Contemporânea seria uma coisa que era de um modo e agora</i>	O aluno definiu FMC, baseado-se na palavra “Moderna”.

³⁰ Os diretores e os professores de Física dos três colégios escolhidos para a realização da pesquisa, cederam gentilmente uma aula para os alunos responderem ao questionário, e se caso os alunos não conseguissem responder as perguntas em 50 minutos os diretores cederiam mais uma aula.

³¹ Nesse caso a unidade de registro de análise foi o discurso do aluno.

			<p><i>preservam porque já mudou [...]”</i></p> <p><i>“Física Moderna – física ensinada hoje. Física Contemporânea – física atual e Física Clássica – física dos físicos”.</i></p>	<p>Por isso, diz que é a Física ensinada hoje.</p>
Não respondeu		2,2%		<p>Talvez, por não ter idéia alguma sobre o tema, o aluno preferir não se manifestar.</p>

Como podemos perceber, nenhum dos estudantes entrevistados conseguiu estabelecer a diferença entre a Física Clássica e a Física Moderna. A maioria deles (78,3%), respondeu que não sabia o que era Física Clássica, Física Moderna e Física Contemporânea, enquanto 10,8%, mostrou uma grande confusão conceitual sobre o tema.

Por meio das respostas obtidas e do contato realizado com os alunos durante a apresentação da proposta de trabalho e a aplicação do questionário, podemos concluir que os alunos são, a partir de toda metodologia/filosofia que permeiam os conteúdos, livros-textos e ações didáticas em sala de aula, incapazes de reconhecer que a física que eles estudam é a Física Clássica. Para esses alunos, a Física é dividida e formada somente por áreas como a Mecânica, a Termologia, a Óptica, a Ondulatória, a Eletricidade e o Magnetismo. Em síntese, para a maioria dos alunos a Física abarca apenas esses conteúdos.

Quadro 17 – Análise de conteúdo da questão: *Em suas aulas de Física, o professor aborda questões sobre a Física Moderna ou Contemporânea na sala de aula? Se sim quais questões e o que você acha disso?*

Categorias	Subcategorias	Frequência	Exemplo	Análise
Sim	Diz que sim e cita tópicos clássicos	4,3%	<p><i>“Física Moderna: aceleração, velocidade, termodinâmica [...]”.</i></p> <p><i>“Sim, Física óptica, das cores, sobre os olhos [...]”.</i></p>	O aluno confunde Física Moderna com Física Clássica, pois a maioria deles não sabe que existe essa divisão na Física.
	Diz que aborda Física Contemporânea	4,3%	<i>“Sim, aborda somente Física Contemporânea”</i>	Como não cita os tópicos e pelas respostas anteriores, concluímos que o aluno confunde Física Contemporânea com Física Clássica.
	Diz que sim, mas não lembra quais tópicos.	14,8%	<i>“Sim, mas não lembro quais os tópicos”.</i>	De acordo com as respostas da primeira questão, provavelmente o aluno não sabe se o professor aborda ou não FMC.
Não	_____	59,6%	_____	A maioria, talvez por não saber o que é FMC, afirma que o professor não aborda esse conteúdo em sala de aula.
Não sabem dizer	_____	10,6%	<i>“Não sei dizer, porque não sei a diferença entre elas”.</i>	O aluno responde de acordo com o resultado da primeira questão.
Não respondeu	_____	6,4%	_____	_____

Como já mencionamos anteriormente, os alunos não sabem e nem intuem o que é FMC, e muito menos, o que é tratado nessa área da física. Dessa forma os entrevistados revelaram não ter condições de afirmar se o professor aborda tópicos de Física Modernos ou não. Por essa razão, encontramos uma certa diversidade nas respostas. A maioria dos estudantes (59,6%) afirmou que o professor não aborda FMC em sala de aula, mas 23,4% deles demonstraram uma certa confusão sobre o que realmente são tópicos de FMC, alegando que esse tipo de conteúdo é trabalhado em sala de aula.

Quadro 18 – Análise de Conteúdo da questão: *Qual sua principal fonte de informações sobre Física Moderna e Contemporânea?*

Categorias	Subcategorias	Frequência	Exemplos	Análise
Não tem informação nenhuma		34,0%	“Nenhuma”.	O aluno simplesmente responde que não, sem maiores explicações.
Não sabem se tem esse tipo de informação		12,8%	“Não sei, nunca ouvi falar sobre Física Moderna e Contemporânea”. “Não sei”.	O aluno responde de acordo com a resposta da primeira questão.
Livros, Internet, professor		42,6%	“Livros de Física, Internet, professor....”	O aluno se contradiz, pois apesar de não saber o que é FMC, afirma ter informações sobre o tema de algum lugar.
Não responderam a questão		10,6%		

Pelos dados obtidos nessa questão, novamente, observamos a confusão que os alunos apresentam em relação a essa parte da Física, pois afirmam, na primeira questão, que não sabem o que é Física Moderna e Física Contemporânea, enquanto, nessa questão, 42,6% dos

entrevistados dizem ter informação sobre FMC de algum lugar, como livros, internet, professor, entre outros, ou seja, se eles afirmam não saber do que se trata FMC, como poderiam afirmar ter informações sobre esses tópicos?

Quadro 19 – Análise de Conteúdo da questão: *Você gostaria que temas como teoria da relatividade, a origem do universo, a astrofísica, fossem ensinados na disciplina de Física? Por que?*

Categorias	Subcategorias	Frequência	Exemplo	Análise
sim	São temas interessantes	36,2%	<i>“Gostaria, são temas bastante interessantes”.</i>	O aluno considera os temas interessantes, mas não comenta sobre o assunto.
	Para saber mais sobre a física	12,8%	<i>“[...] assim aprenderíamos mais e teríamos muitas respostas para nossas dúvidas [...]”</i>	O aluno deixa claro que têm dúvidas a respeito da FMC.
	Para fugir dos cálculos	4,3%	<i>“[...] quem sabe sairíamos da rotina de apenas ‘fazer continhas’”.</i>	O aluno expõe sua insatisfação em relação ao excesso de exercícios que são abordados nas aulas de Física.
	Tornar a aula mais dinâmica	4,3%	<i>“[...] são temas que tornam a aula mais legal e talvez mais prática e descontraída”.</i>	Novamente, o aluno revela o seu descontentamento com o ensino de Física, desejando aulas mais dinâmicas.

	Preparar para o vestibular	4,3%	<i>“Sim, pois em provas específicas do vestibular vamos estar preparados”.</i>	O aluno mostra sua preocupação com o vestibular. Isso, provavelmente, é reflexo de um ensino que se preocupa apenas em preparar seus alunos para o vestibular.
	São temas atuais	6,4%	<i>“São temas atuais que vemos na TV, Jornal [...]”.</i>	O aluno gostaria de aprender uma Física mais atualizada, que está presente no seu dia-a-dia.
	Sim, apenas.	17,0%	<i>“Sim”.</i>	O aluno não explica porque gostaria de aprender sobre esses temas.
não	Admite que são temas importantes, mas não gostaria.	6,4%	<i>“Seria importante, mas eu não gostaria”.</i>	Mesmo reconhecendo que são temas importantes, o aluno não gostaria, provavelmente, por não se interessar pelo assunto.
	Não gosta de Física.	4,3%	<i>“Seria interessante, mas como não gosto de física e acho muito complicado, não gostaria [...]”</i>	O aluno não gosta de Física, porque considera a disciplina complicada, provavelmente por causa da maneira como a disciplina está sendo ministrada em sala de aula, valorizando apenas aplicação de fórmulas matemáticas.

	Respondeu somente que não.	4,3%	“Não”.	A resposta direta do aluno mostra que ele está completamente desinteressado pela Física, talvez até pela situação de ensino atual. Isso mostra o quanto o sistema de ensino tem falhado na educação dos jovens do Ensino Médio.
--	----------------------------	------	--------	---

Podemos observar, a partir desse quadro, que a maioria dos alunos se interessa por esses temas, totalizando 85,3% dos entrevistados. Nessa questão, alguns alunos aproveitaram para desabafar suas insatisfações com relação ao ensino, que está valorizando excessivamente a aplicação de fórmulas. Além disso, está ultrapassado em relação aos avanços científicos e tecnológicos, omitindo conceitos importantes de Física Moderna e até mesmo de Física Clássica. Assim, os alunos estão saindo do Ensino Médio, treinados apenas para resolverem questões matemáticas, mas sem uma formação adequada de conceitos da Física que poderiam oferecer-lhes uma compreensão mais apurada da realidade que os cerca.

Quanto àqueles que responderam que não gostariam de aprender sobre esses tópicos, concluímos que isso também é reflexo de um ensino defasado, que não estimula a curiosidade do aluno, e que acaba tornando as aulas chatas e sem graça. Essa questão ficou mais bem esclarecida no próximo quadro.

Quadro 20 – Análise de Conteúdo da questão: *O que você acha das suas aulas de Física?*

Comente

Categorias	Subcategorias	Frequência	Exemplo	Análise
-------------------	----------------------	-------------------	----------------	----------------

Boas	O professor é bom	17,0%	<i>“São legais, o professor interage com os alunos tornando a matéria simples e gostosa”.</i>	O aluno relaciona a aula com o professor. Por terem um bom professor, as aulas também são boas.
	Boa, apenas	27,7%	<i>“Boa”.</i>	O aluno não explica porque considera “boa” suas aulas de Física.
	Está aprendendo bastante	6,4%	<i>“Boa, além de aprender sobre a matéria, estou aprendendo muito coisa pra minha vida”.</i>	Provavelmente, o aluno se identifica com a disciplina e a associa com seu dia-a-dia. Por isso, está aprendendo bastante.
	Gosta de física	4,3%	<i>“Adoro Física”.</i>	Como gosta da disciplina, conseqüentemente, o aluno também gosta das aulas de Física.
Ruins	Não gosta da matéria	10,6%	<i>“Eu não gosto da matéria, então acho chatas as aulas”.</i>	Como não gosta da disciplina, conseqüentemente, o aluno também não gosta das aulas de Física.
	O professor se prende muito a exercícios	4,3%	<i>“Acho que nossas aulas de física são muito ‘pobres’, ficam apenas na resolução de fórmulas e nunca sai do básico, chegam a ser bem chatas”.</i>	O aluno expõe seu descontentamento com a maneira que o ensino de Física está sendo abordado em sala de aula. Revela que está faltando algo para melhorar o ensino de Física.

	Não há aula pratica	6,4%	<p><i>“Poderiam ser mais dinâmicas, é muito chato e ruim ficar só na teoria. Seria legal se a aula fosse prática”.</i></p> <p><i>“[...] é preciso ter mais aulas praticas para que o conteúdo seja mais bem compreendido”.</i></p>	Os alunos reclamam a falta de aulas práticas que poderiam tornar as aulas mais interessantes e mais fáceis de compreender.
	O professor não é bom	12,8%	<p><i>“Muito confusa, porque o professor não explica direito”.</i></p>	Novamente o aluno relaciona a aula com o professor, em virtude de o professor ser considerado ruim, as aulas não são boas.
	Pouco se aproveita da aula	10,6%	<p><i>“[...] os assuntos não são muito debatidos”.</i></p> <p><i>Pouco se aproveita da aula [...] precisamos de mais informações”.</i></p>	Nessa questão os alunos reclamam da falta de informação, da mesmice que toma conta da sala de aula, onde são apresentados muitos exercícios matemáticos e quase nada de conceitos.

Fica, pois, claro que muitos alunos não estão contentes com suas aulas de Física, apesar de a maioria enquadrar suas aulas como boas (55,4%). Encontramos muitas reclamações nas respostas, uns reclamam que o professor explica mal, outros dizem que as aulas são chatas e o rendimento é muito pequeno, ou seja, levando em consideração a situação que se encontra o ensino atual, é evidente que grande parte dos alunos não poderiam estar satisfeitos com a maneira que são abordados conteúdos de Física em sala de aula. Por meio do contato que tivemos com os alunos durante o desenvolvimento da pesquisa, foi possível observar que os

alunos não estão interessados nas suas aulas de Física, que a maioria não gosta dessa disciplina, e que grande parte dos professores perderam o controle da situação.

Essa situação deixa ainda mais evidente que o ensino de Física precisa, urgentemente, passar por uma revisão, e o currículo da disciplina é o primeiro passo para essa mudança. Os alunos não podem mais sair do Ensino Médio preparados apenas em aplicar fórmulas matemáticas e solucionar problemas. Precisamos estimular os estudantes, apresentar-lhes uma nova Física, uma nova visão de mundo.

Na questão seis, objetivamos saber quais conhecimentos os alunos têm sobre alguns tópicos de FMC e verificar se, apesar de essa parte da Física não fazer parte do currículo do Ensino Médio, os alunos conhecem algum de seus conteúdos, uma vez que esses tópicos são divulgados em revistas, TV, Internet, enfim no nosso cotidiano, mas como já esperávamos os alunos não souberam responder a maioria das questões. Perguntamos o que os entrevistados sabiam sobre efeito fotoelétrico, radioatividade, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, teoria da relatividade, raios X, semicondutores e supercondutores, laser, teoria do big bang e fibras ópticas.

As respostas dadas a essas questões foram categorizadas. Os resultados são apresentados nos quadros abaixo:

Quadro 21 – Análise de conteúdo da questão: *O que você sabe sobre Efeito fotoelétrico?*

Categorias	Subcategorias	Frequência	Exemplo	Análise
Nada sabe sobre o tema		68,1%		
Já ouviu falar		4,3%		
Respondeu a questão	Associa com eletricidade	4,3%	<i>“[...] refere-se à eletricidade”.</i>	Talvez o aluno tenha deduzido essa resposta por causa da palavra “fotoelétrico”, por terminar com “elétrico”. Ele infere que se relaciona com eletricidade.

	Associa com fóton	4,3%	<i>“Tem algo a ver com fótons”.</i>	Percebemos, nessa resposta, que o aluno já ouviu falar sobre o tema, e ainda resta em sua mente algo sobre o assunto.
	Associa com tecnologia	4,3%	<i>“Está relacionado com radiografia”.</i> <i>“Está relacionado com a câmera digital”.</i>	O aluno associa o efeito fotoelétrico a tecnologias modernas.
Não respondeu a questão	_____	14,7%		_____

Quadro 22 – Análise de conteúdo da questão: *O que você sabe sobre radioatividade?*

Categorias	Subcategorias	Frequência	Exemplo	Análise
Nada sabe sobre o tema	_____	40,4%	_____	_____
Já ouviu falar	_____	12,8%	_____	_____
Respondeu a questão	Raios ultravioletas, provenientes do Sol	6,4%	<i>“São os raios ultravioleta que recebemos do Sol”.</i>	O aluno associa radioatividade com a radiação ultravioleta, talvez por essa ser mais mencionada nos livros e na mídia em geral.
	Algum tipo de radiação	10,6%	<i>“Um tipo de radiação provocada por elementos radioativos”.</i>	O aluno se aproxima da resposta, mas não sabe completamente do que se trata.

	Algo perigoso para a saúde	8,5%	<p><i>“[...] pode causar a morte”.</i></p> <p><i> [...] provoca doenças como câncer de pele”.</i></p>	O aluno associa radioatividade como algo perigoso, que faz mal à saúde. Isso acontece, provavelmente, por já ter lido algo sobre acidentes radioativos ou sobre os males causados pela radiação solar, etc.
	Relaciona com o átomo	10,6%	<p><i>“É quando o átomo possui sua massa elevada [...]”.</i></p> <p><i>“Elétrons em excesso”.</i></p>	O aluno se mostra familiarizado com a definição correta de radioatividade, mas ainda apresenta algumas dúvidas a respeito.
	Associa com energia	2,1%	<i>“São coisas radioativas, que podem ser usadas para gerar energia”.</i>	sobre essas categorias, os alunos deixam claro que possuem confusões conceituais a esse respeito.
	Onda eletromagnética	2,1%	<i>“São ondas eletromagnéticas”.</i>	
Não respondeu a questão		6,4%		_____

Quadro 23 – Análise de conteúdo da questão: *O que você sabe sobre dualidade onda partícula?*

Categorias	Subcategorias	Frequência	Exemplo	Análise
Nada sabe sobre o tema	_____	70,2%	_____	
Já ouviu falar	_____	10,6%	_____	_____

Respondeu a questão	É como as ondas se propagam	4,3%	<p><i>“São as divisões com que as ondas eletromagnéticas são transmitidas”.</i></p> <p><i>“É como as ondas se propagam”.</i></p>	O aluno apresenta confusões conceituais, associando o termo “dualidade” com a maneira como ela se propaga.
	Duas ondas elétricas	2,1%	<i>“São duas ondas elétricas”.</i>	Novamente, o aluno se deixa levar pelo significado de “dualidade”, e pensa que são duas ondas.
Não respondeu a questão	_____	12,8%		_____

Quadro 24 – Análise de conteúdo da questão: *O que você sabe sobre Fissão e Fusão Nuclear?*

Categorias	Subcategorias	Frequência	Exemplos	Análise
Nada sabe sobre o tema	_____	72,3%	_____	_____
Já ouviu falar	_____	4,3%	_____	_____
Respondeu a questão	Relaciona com o átomo	8,5%	<p><i>“[...] os elétrons de um átomo passam de uma camada pra outra liberando energia”.</i></p> <p><i>“União de dois núcleos atômicos”.</i></p>	O aluno responde muito vagamente e não especifica se a resposta refere-se à Fissão ou à Fusão nuclear.
	Relaciona com bombas	2,1%	<i>“Mistura de elementos que causam forte energia, pode ser bombas ou armas”.</i>	O aluno, provavelmente, já ouviu falar do termo e possui “fragmentos” conceituais sobre o mesmo.

	Relaciona com a radioatividade	2,1%	<i>“Alguma coisa radioativa”.</i>	O aluno apresenta uma resposta muito vaga.
Não respondeu a questão	_____	10,6%	_____	_____

Quadro 25 – Análise de conteúdo da questão: *O que você sabe sobre Teoria da Relatividade?*

Categorias	Subcategorias	Frequência	Exemplos	Análise
Nada sabe sobre o tema	_____	51,1%	_____	_____
Já ouviu falar	_____	21,3%	_____	_____
Respondeu a questão	Algo relativo	10,6%	<i>“Tudo que é relativo, ou seja, em um estado é uma coisa e em outro estado é outra coisa”.</i>	Novamente, o aluno se baseia na pergunta para responder, assim, naturalmente, relatividade é algo relativo.
	Teoria de Einstein	2,1%	<i>“Teoria de Einstein que diz que o tempo no espaço e diferente do tempo na Terra”.</i>	O aluno prova já ter ouvido falar da teoria, mas dá uma resposta muito vaga, deixando claro que não entendeu ao certo o que realmente o tema aborda.
	Teoria da gravitação de Newton	6,4%	<i>“È a teoria da gravitação de Newton”.</i>	O aluno confunde a teoria da relatividade com a teoria da gravitação.
Não respondeu a questão	_____	8,5%	_____	_____

Quadro 26 – Análise de conteúdo da questão: *O que você sabe sobre Raio X?*

Categorias	Subcategorias	Frequências	Exemplos	Análise
Nada sabe sobre o tema		40,4%		
Já ouviu falar		6,4%		
Respondeu a questão	Capacidade de ver o interior do corpo humano	19,1%	<i>“Através dos raios-X conseguimos ver o interior do nosso corpo”.</i>	O aluno responde baseado naquilo que ele conhece do seu cotidiano.
	Tipo de exame médico	12,8%	<i>“Exame capaz de localizar alguma fratura no osso”.</i>	
	Capacidade de ver através das coisas	6,4%	<i>“Raio que consegue ver o interior dos objetos”.</i>	
	Tipo de fotografia	6,4%	<i>“São fotografias tiradas por um aparelho especial para detectar qualquer possível fratura”.</i>	
Não respondeu a questão		8,5%		

Quadro 27 – Análise de conteúdo da questão: *O que você sabe sobre Semicondutores e Supercondutores?*

Categorias	Subcategorias	Frequências	Exemplos	Análise
Nada sabe sobre o tema		51,1%		
Já ouviu falar		8,5%		

Respondeu a questão	Refere-se à eletricidade	10,6%	<p><i>“Supercondutores, conduzem maior eletricidade, e semicondutores, conduzem menos eletricidade”.</i></p> <p><i>“São elementos que transmitem com maior ou menor facilidade a eletricidades”.</i></p>	Nas duas categorias, os alunos associam o nome “supercondutor” e “semicondutor”, ao poder de conduzir energia ou eletricidade. As respostas são vagas, mas podemos concluir que o aluno possui “fragmentos” de conceitos dos quais já ouviu.
	Refere-se à energia	19,1%	<p><i>“São tipos de condutores de energia”.</i></p> <p><i>“Semicondutores: menor poder de condução de energia. Supercondutores o poder de condução e bem maior”.</i></p>	
Não respondeu a questão	_____	10,6%		_____

Quadro 28 – Análise de conteúdo da questão: *O que você sabe sobre Laser?*

Categorias	Subcategorias	Frequências	Exemplos	Análise
Nada sabe sobre o tema	_____	57,4%	_____	_____
Já ouviu falar	_____	12,8%	_____	_____
Respondeu a questão	Associa a medicina	8,5%	<i>“Raio utilizado para fazer cirurgias”.</i>	O que o aluno sabe sobre <i>laser</i> está relacionado a técnicas de cirurgias.
	Raio vermelho	4,3%	<i>“Laser é um raio vermelho”.</i>	O aluno responde baseado no que ele já viu, por exemplo, a caneta <i>laser</i> .

	Luz quente	4,3%	<i>“É um feixe de luz quente”.</i>	A resposta pode estar relacionada com filmes de ficção científica.
	Luz poderosa	4,3%	<i>“É um feixe de luz poderoso”.</i>	
Não respondeu a questão		8,5%		

Quadro 29 – Análise de conteúdo da questão: *O que você sabe sobre Teoria do Big Bang?*

Categorias	Subcategorias	Freqüências	Exemplos	Análise
Nada sabe sobre o tema		12,8%		
Já ouviu falar		10,6%		
Respondeu a questão	Teoria mais aceita para o surgimento do universo	8,5%	<i>“Explosão da qual o Universo foi supostamente originado”.</i> <i>“Teoria mais aceita para o surgimento do universo”.</i>	O aluno entende que a Teoria é apenas uma das várias propostas para o surgimento do universo. Ele consegue vê-la como uma hipótese e não como um fato.
	Explosão que deu origem ao universo	51,1%	<i>“Grande explosão que deu origem ao universo”.</i> <i>“Teoria da criação do mundo, foi a partir de uma explosão”.</i>	Nesse caso, os alunos vêem a teoria como um fato. O universo foi originado, exatamente, dessa maneira.
	Explosão que deu origem ao planeta	12,8%	<i>“Foi uma grande explosão da qual a Terra foi originada”.</i>	A teoria do Big Bang originou apenas o planeta Terra e não faz menção do surgimento do universo como um todo.
Não respondeu a questão		4,3%		

Quadro 30 – Análise de conteúdo da questão: *O que você sabe sobre Fibras Ópticas?*

Categorias	Subcategorias	Frequências	Exemplos	Análise
Nada sabe sobre o tema		55,3%		
Já ouviu falar		8,5%		
Respondeu a questão	Associa a visão	14,9%	<p><i>“Parte do sistema que constitui os olhos”.</i></p> <p><i>“É o estudo dos olhos e o porque do uso de óculos”.</i></p>	O aluno pensa que é algo relacionado à visão, talvez por ter o nome “Óptica”.
	Associa a lentes	6,4%	<p><i>“Material usado na fabricação de lentes de contato”.</i></p> <p><i>“São as fibras das lentes convergentes e divergentes”.</i></p>	Novamente, o aluno responde baseado no nome “óptica”, mas agora associa às lentes.
	Tecnologia moderna	6,4%	<p><i>“[...] Tecnologia moderna”.</i></p> <p><i>“Tecnologia usadas em cirurgias”.</i></p>	O aluno já deve ter ouvido falar sobre alguma aplicação das fibras ópticas, mas não se lembra. Por isso, responde apenas se tratar de uma tecnologia moderna.
Não respondeu a questão		8,5%		

Conforme constatamos, a partir dos dados coletados, os alunos apresentam quadros conceituais bastante confusos sobre FMC. A maioria dos alunos, como foi apresentado nas tabelas, responde diretamente que não conhece o assunto; alguns poucos arriscaram determinados tipos de resposta, mas, na maioria das vezes, foram respostas consideradas como conceitualmente erradas.

As questões nas quais encontramos maior porcentagem de respostas negativas foram aquelas relacionadas com a fissão e fusão nuclear, com 72,3%, e a dualidade onda-partícula, com 70,2%. As questões que apresentaram um número elevado de respostas, mesmo com padrões muito distintos daqueles estabelecidos pela ciência, foi sobre o Big-Bang, com 72,4%, e sobre raios-X, com 44,7%. Talvez esses tópicos tenham sido os mais respondidos pelo fato de serem parte integrante do cotidiano das pessoas. No caso do Big-Bang, esse é um tópico recorrente da mídia e transversalizado nas disciplinas de Biologia e Geografia.

Apesar de esses tópicos não fazerem parte do cotidiano escolar dos alunos (como verificamos por meio da pesquisa), eles estão presentes no dia-a-dia das pessoas e as veiculadas por meio de jornais, TV, Internet, e mesmo assim maioria dos alunos entrevistados nunca ouviu falar sobre o assunto. A pergunta que fazemos nesse caso é por que os alunos estão tão desligados do mundo que os cerca? Onde está a curiosidade do aluno, o interesse em aprender coisas novas?

Pelos resultados obtidos, podemos verificar que a maneira como a Física está sendo apresentada em sala de aula e no livro didático não estimula a curiosidade do aluno. Ao contrário, o excesso de cálculos e a pressão do vestibular fazem com que os alunos percam o interesse pela disciplina e as aulas se tornem cansativas como se nota nas respostas que classificam as aulas como “chatas”. De acordo com a discussão dos PCNs:

o aprendizado de física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas [...], notícias como uma missão espacial, uma possível colisão de um asteróide com a Terra, um novo método para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular (BRASIL, 1999, p. 235).

O que vemos na situação de ensino é que o aprendizado de Física não tem cumprido essa missão de estimular os jovens, ao contrário, os alunos estão cada vez mais desinteressados pelos conteúdos que lhes são apresentados em sala de aula.

Concluimos, pois, que a maioria dos estudantes entrevistados não consegue estabelecer uma diferença entre Física Moderna e Clássica, demonstrando um quadro conceitual bastante confuso relativo aos temas apresentados envolvendo FMC.

Apesar do pouco conhecimento que esses alunos apresentam sobre FMC, a maioria demonstrou interesse em aprender tópicos novos, pois grande parte dos alunos revelou sua insatisfação com a forma como a Física é apresentada, valorizando muito a aplicação de equações e eliminando boa parte da teoria, da história, da cotidianeidade. Além do mais, muitos alunos se queixaram da falta de aulas práticas, o que poderia tornar as aulas não somente mais motivadoras como, também, contextualizadas a partir de experimentos possíveis envolvendo, inclusive, aspectos ligados à tecnologia.

CONCLUSÕES

Como afirmamos na introdução da presente dissertação, o objetivo era verificar qual a presença da FMC em sala de aula. Para tal fim, procedemos a uma revisão bibliográfica sobre essa linha de pesquisa com o intuito de constatar quais discussões estavam sendo realizadas nesse sentido. Analisamos, também, doze livros didáticos usados, com frequência, por professores da rede pública de ensino com o intuito de observar se esses apresentam tópicos de FMC em seu conteúdo e, em caso positivo, qual a abordagem utilizada.

Considerando que os professores são protagonistas nessa discussão, entrevistamos, também, seis professores da rede pública de ensino, no sentido de conhecermos a opinião desses docentes sobre a temática em tela e se havia alguma abordagem da FMC em sala de aula.

Os alunos da escola de nível médio também foram alvos da nossa pesquisa. Por meio de questionário-padrão, pudemos levantar informações relevantes sobre o grau de conhecimento desses jovens sobre tópicos da Física moderna e/ou contemporânea.

Enfim, realizadas todas as etapas da presente pesquisa, pudemos, então, estabelecer algumas conclusões a respeito de como se encontra a situação de ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Em relação à pesquisa bibliográfica, verificamos que há um amplo consenso relativo à inserção da FMC no Ensino Médio. Existem vários autores realizando pesquisas no sentido de contemplar a escola de nível médio com a Física desenvolvida no século XX³². Porém, apesar de toda essa movimentação, ainda existem resistências. O livro didático, por exemplo, por ser uma das principais formas de consulta pelo professor na preparação de suas aulas, deixa, ainda, muito a desejar em relação à FMC em função de vários fatores, entre eles, sua forma tradicional, caracterizada por uma abordagem formulística, memorística e a-histórica na

³² Arons (1990); Alveti (1999); Araújo e Abib (2003); Cavalcante e Benedetto (1999); Cavalcante et al (1999); Canato Jr. (2003); Fischler e Lichtfeldt (1992); Gil et al (1988, *apud* OSTERMANN, 1999a); Gil e Solbes (1993, *apud* OSTERMANN, 1999a); Machado (2006); Ostermann (1999); Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998); Ostermann e Cavalcanti (1999); Ostermann; Moreira (2000); Ostermann e Rezende (2004); Ostermann e Ricci (2004); Pinto e Zanetic (1999); Peduzzi e Basso (2005); Stannard (1990, *apud* OSTERMANN, 1999a); Terrazan (1992); Valadares e Moreira (1998); Veit et al (1987).

apresentação dos conteúdos de física clássica. Por meio da análise que fizemos, concluímos que:

- existe uma iniciativa por parte dos autores em inserir tópicos de FMC nos livros didáticos mais recentes. Em dez dos doze livros analisados, encontramos tópicos de FMC, sendo que, em seis deles, encontramos dois ou três capítulos dedicados somente a esse capítulo da Física.
- na maioria dos livros, a abordagem feita sobre FMC é inadequada. Muitas vezes, tópicos relativos a ela aparecem em quadros de *leitura complementar*, geralmente, no fim dos capítulos, já sinalizados como um texto possivelmente **supérfluo e de menor importância**.
- Encontramos, na maioria dos textos analisados, uma abordagem matemática excessiva. A maioria dos autores limitam-se a apresentar equações matemáticas e a propor exercícios de aplicação de fórmulas. Isso acontece tanto nos tópicos clássicos, quanto nos modernos como ressaltamos no decorrer do trabalho.
- os autores, geralmente, dedicam muitas páginas do livro a exercícios, sejam eles resolvidos, de aplicação, ou testes de vestibular, e pouquíssimas páginas à FMC. O número de páginas dedicadas a exercícios chega a ocupar, em média, 50% de todo o conteúdo dos textos analisados.

Conclui-se, assim, que existe uma tentativa, ainda que muito incipiente, e feita de forma totalmente desarticulada, de inserção da FMC no Ensino Médio por parte dos autores de livros didáticos, mas a abordagem que encontramos nos livros analisados ainda é muitíssimo inadequada. Para satisfazer a condição de que o ensino precisa propiciar ao estudante estímulos, que o levem não somente à construção de uma nova concepção de mundo, mas também que tenham contato com uma ciência que valha para sua vida cotidiana, o livro didático ainda deixa muito a desejar, tanto nos conteúdos de FMC como nos de Física Clássica. Tópicos de FMC são muito importantes para satisfazer essa condição, mas a maneira como esses tópicos estão sendo apresentados nos livros didáticos faz com esses objetivos fiquem cada vez menos contemplados no ensino de Física.

Quanto à entrevista que fizemos com os professores, por meio das técnicas de Análise de Conteúdo, conseguimos extrair as seguintes conclusões:

- Todos os professores entrevistados concordam com a inserção da FMC no Ensino Médio.
- Apenas um dos seis professores ouvidos afirmou estar preparado para ensinar FMC a seus alunos; o restante demonstrou insegurança em abordar esses tópicos em sala de aula, provavelmente devido à formação inadequada nas suas respectivas licenciaturas.
- A maioria dos docentes afirmou que, raramente, comentam algo sobre tópicos da Física moderna em sala de aula.
- Grande parte dos professores adota o livro de Bonjorno *et al* (2001), na preparação de suas aulas. Como verificamos, por meio da análise dos livros didáticos, esse livro não faz nenhuma referência à FMC.

Os professores também apontaram, em suas respostas, alguns obstáculos para a inclusão da FMC no Ensino de nível médio, tais como:

- falta de capacitação, por parte dos professores, para ministrar tópicos desse gênero em sala de aula;
- a carga horária dedicada às aulas de Física é muito reduzida: geralmente duas horas/aulas semanais;
- criticam o fato de os concursos vestibulares serem definidores, hoje, dos conteúdos praticados no Ensino Médio numa deformação clara do processo de ensino-aprendizagem que acarreta a exclusão de tópicos de FMC em suas provas;
- livros didáticos desatualizados;
- tópicos que exigem uma matemática mais avançada, podendo dificultar o aprendizado do aluno;
- dificuldade em compreender e definir experimentos didáticos para a introdução de tópicos de FMC.

Os docentes também sugeriram algumas formas de como a abordagem da FMC poderia ser feita junto com a Física Clássica numa mesma programação. A principal sugestão foi ministrar tópicos clássicos e modernos juntos, sem a divisão que, freqüentemente, encontramos nos livros didáticos, onde todos os tópicos de Física Clássica aparecem nos primeiros capítulos e a FMC no final do livro, para ser ministrada como último conteúdo, para alunos do terceiro ano do Ensino Médio.

Verificamos, pois, que os professores de Ensino Médio, apesar de não estarem preparados para abordar a FMC em sala de aula, concordam que o currículo de Física precisa passar por uma revisão profunda, inserindo não somente tópicos novos, mas, sobretudo, estratégias de capacitação docente, de valorização do saber qualitativo, inexistentes, hoje, no horizonte escolar.

Os docentes também demonstraram que o estado em que se encontra o ensino de Física, hoje, impede a abordagem de tópicos de FMC no Ensino Médio, pois a carga horária atual e todo um sem-número de problemas citados pelos professores inviabilizam qualquer proposta nesse sentido.

Portanto, seja qual for a proposta elaborada para a inserção da FMC, o que parece óbvio é que a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no currículo do Ensino Médio exige uma reelaboração total do currículo de Física que não prime somente pela inserção de novos textos, mas também, por uma visão mais ampla, inserindo temas de forma dinâmica, unindo passado, presente e futuro e por uma contextualização das idéias do passado no presente imediato.

Através da inquirição dos alunos, conseguimos confirmar, mais uma vez, a hipótese de que o ensino atual não estimula a curiosidade. De forma exatamente oposta, o ensino está afastando o estudante do aprendizado da Física. Podemos depreender isso pelas conclusões extraídas do conjunto de respostas elaboradas pelos discentes:

- todos os estudantes entrevistados não conseguiram estabelecer diferenças entre a Física Clássica da Física Moderna e Contemporânea;
- muitos se queixaram de suas aulas de Física, do excesso de cálculo, da falta de aulas práticas, da falta de conceitos para entenderem melhor os conteúdos da disciplina;
- demonstraram um quadro conceitual bastante confuso relativo aos temas sobre FMC.

Resumindo, os alunos estão completamente afastados do mundo da ciência. Por meio das respostas obtidas nos questionários, podemos concluir que a estrutura atual de ensino representada, principalmente, pelos currículos, pelas escolas de formação de professores e pelos livros didáticos não permite ao aluno conhecer novas e velhas tecnologias, descontextualiza descobertas e construções científicas, limitando-se a um monocórdico processo de repetição, treinamento e [quase] nenhuma formação.

Os PCNs, como indicam os próprios termos— *parâmetros curriculares* - enfatizam que é essencial fazer com que o aluno compreenda a ciência como uma construção humana e entenda a maneira como essa se desenvolve. Nesse sentido, a apresentação dos conteúdos pelos livros didáticos e sua abordagem em sala de aula deveria ir além de uma mera apresentação de tópicos padrões; deveria propiciar ao estudante uma visão adequada da natureza da ciência e da atividade científica que norteia a construção da ciência e de seus paradigmas. O que constamos, infelizmente, é exatamente o oposto: currículos com ‘amontoados de tópicos’; livros qualificados como ‘didáticos’, mas perpetuadores de uma ciência que não se presentifica na curiosidade dos estudantes; e, finalmente, e, talvez, mais tragicamente, escolas de formação docente que continuam a perpetuar um processo que nada tem de ‘ensino’, nada tem de ‘aprendizagem’; nada tem de ‘clássico’ e nem mesmo de ‘moderno’.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. *Física*. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2003.

ALVETTI, M. A. S. *Ensino de física moderna e contemporânea e a revista ciência hoje*. 1999. 169 f. Dissertação (Mestrado em Educação e Ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

AMALDI, U. *Imagens da Física*. São Paulo: Scipione, 1995.

ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. *Ciência & Educação*. São Paulo, v. 7, n. 1, p. 15-27, 2001.

ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Porto Alegre. v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

ARONS, A. B. *A guide to introductory physics teaching*, New York: John Wiley, 1990.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1997.

BONJORNO, J. R.; BONJORNO, R. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M. *Física: História & Cotidiano*. São Paulo: FTD, 2004.

BONJORNO, J. R.; BONJORNO, R. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M. *Física Completa*. 2 ed., São Paulo: FTD, 2001.

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

BRASIL. Ministério da Educação. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

CANATO Jr. O. *Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Escola Médio*. 2003. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo – Instituto de Física, Instituto de Química e Faculdade de Educação, São Paulo, 2003.

CARRON, W.; GUIMARÃES, O. *Física: volume único*. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2003.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. *O currículo de física: inovações e tendências nos anos noventa*. 1995. Disponível em: <<http://www.if.ufrs.br/public/ensino/N1/1artigo.htm>>. Acesso em 27 jul. 2005.

CAVALCANTE, M. A.; BENEDETTO, A. di. Instrumentação em Física Moderna para o Ensino Médio: uma Nova Técnica para a Análise Quantitativa de Espectros. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Porto Alegre. v. 21, n. 3, p. 437-446, set. 1999.

CAVALCANTE, M. A.; JARDIM, V.; ALMEIDA, J. A. de. Inserção de Física Moderna no Ensino Médio: Difração de um feixe laser. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 154-169, ago. 1999.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Apresentação distorcida da obra de Ampère nos livros didáticos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 10., 2006, Londrina. *Caderno de Resumos*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2006. p. 114.

DANHONI NEVES, M. C. et al (Org.) *De experimento paradigmas e diversidades no ensino de física: construindo alternativas*. Maringá: Massoni, 2005.

DANHONI NEVES, M. C. O resgate de uma história para o ensino de física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 215-224, dez. 1992.

DANHONI NEVES, M. C. A História da Ciência no Ensino de Física. *Ciência & Educação*. São Paulo, v. 5, n. 1, p. 73-81, 1998.

FISCHLER, H., LICHTFELDT, M. Modern physics and students' conceptions. *International Journal of Science Education*, London, v. 14, n. 2, p. 181-190, Apr./June 1992.

FRASSON, P.C. *Aids, Qual O Seu Significado Nos Livros Didáticos?*. 2006. 183 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006

FREITAS, H. M. R. de; JANISSEK, R. *Análise Léxica e Análise de Conteúdo: técnicas complementares, seqüências e recorrentes para exploração de dados qualitativos*. Porto Alegre: Sphinx: Editora Sagra Luzzatto, 2000.

GASPAR, A. *Física*. São Paulo: Ática, 2002.

GOLÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. *Física para o Ensino Médio*. São Paulo: Scipione, 2002.

GOUVÊA, G.; LEAL, M. C. Uma visão comparada do ensino em ciência, tecnologia e sociedade na escola e em um museu de ciência. *Ciência & Educação*. São Paulo, v. 7, n. 1, p. 67-84, 2001.

GAMOW, G. Biografia da Física.[título original da Obra: *Biography of Physics*]. Harper & Brothers, Publishers, New York, 1962.

GURGEL, C. M. Ações Investigativas no Ensino da Física: sobre o método. In: TOMAZELLO, M. G. C. (Org.); DANHONI NEVES, M. C.; GURGEL, C. M. do A.;

FANTE JÚNIOR, L. SAVI, A. A. A. *A experimentação na aprendizagem de conceitos físicos sob a perspectiva histórico-social*. Piracicaba: UNIMEP/CAPES/PROIN, 2000.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, D. I. *Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia*. 2006. Tese (doutorado em educação para a ciência) Universidade estadual de São Paulo, Bauru, 2006.

MARTINS, R. de A. *A Física no final do século XIX: modelos em crise*. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica05.htm>> Acesso em: 29 de abr. 2006.

MEGID NETO, J., FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. *Revista Ciência & Educação*, São Paulo. v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MESQUITA FILHO, A. *Da Física Antiga à Física Moderna*. Disponível em: <<http://www.ecientificocultural.com/ECC2/artigos/dfafm.htm>> Acesso em: 30 abr. 2006

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. *Analogias em livros didáticos de Química brasileiros destinados aos ensino médio*. Disponível em <www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>. Acesso em 02/09/2006.

MOREIRA; M; A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectiva. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Porto Alegre. v. 22, n. 1 mar. 2000.

NARDI et al. Serpentes E Acidentes Ofídicos: Um Estudo Sobre Erros Conceituais Em Livros Didáticos. Disponível em <www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm> Acesso em 02 set. 2006.

NEVES, J. L. *Pesquisa Qualitativa – Características, usos e possibilidades*. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 1, n. 3, 2º sem. 1996.

MATTOS, C. R.; NICIOLI Jr. R. B. Uma análise de livros didáticos de física das décadas de 50 e 60. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 10., 2006, Londrina, PR. *Caderno de Resumos*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2006. p. 115.

NICOLAU, G. F.; PENTEADO, P. C.; TOLEDO, P. S.; TORRES, C. M. *Física ciência e tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2001.

OLIVEIRA FILHO, G. F. de. *Física: uma proposta de ensino*. Volume único. São Paulo: FTD, 1997.

OSTERMANN, F. *Tópicos de física contemporânea em escolas de nível Médio e na formação de professores de física*. 1999. 175 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999 a.

OSTERMANN, F. Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Porto Alegre, v. 21, n. 3. p. 415-436, set. 1999 b.

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*, Florianópolis, v. 16, n. 3, p. 267-286, dez. 1999.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Física Contemporânea em la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 18, n. 3, p. 391-404, 2000.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. *Revista Investigação em ensino de ciências do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, v. 5, n. 1, mar. 2000. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>> Acesso em 14 dez. 2005.

OSTERMANN, F.; FERREIRA, L. M.; CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: um Texto para Professores sobre Supercondutividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 270-288. set. 1998.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Relatividade Restrita no Ensino Médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Porto Alegre, v.21, n.1, p. 83-102. abr. 2004.

PARANÁ, D. N. da S. *Física: série novo ensino médio*. 5 ed. São Paulo: Ática, 2002.

PARANÁ. Currículo de Física. Curitiba: Secretaria de Estado da Educação-SEED, 1992.

PARANÁ. Orientações Curriculares de Física. Curitiba: Secretaria de Estado da Educação-SEED, 2005.

PAULO, I. J. C.; MOREIRA, M. A. *abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio*. Disponível em: <<http://www.fc.unesp.br/abrapec/revistas/v4n2a6.pdf>> Acesso em: 01 mai. 2006

PEDUZZI, L. O. Q.; BASSO, A. C. Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Porto Alegre, v. 27, n. 4, p. 545 – 557, 2005.

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.

RAMALHO JR., Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. *Os fundamentos da Física*. 7 ed. São Paulo: Moderna, 1999.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F. Formação de professores de Física no ambiente virtual InterAge: um exemplo voltado para a introdução de FMC no Ensino Médio. *Física na escola*. v. 5, n. 2, 2004.

ROSA, C. W. da; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. In: *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências*, v. 4, n. 1, 2005. Acesso em 25/07/2005.

_____. Série Física Moderna e Contemporânea para professores do ensino médio. Sociedade Brasileira de Física. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/ensino/fisicamoderna.shtml>>. Acesso em 22 mar. 2006.

SÁ, M. B. Z. *O enfoque ciência, tecnologia e sociedade nos textos sobre radioatividade e energia nuclear nos livros didáticos de química*. 2006. 135 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

SANCHES, M. B. *Ótica Física no Ensino Médio e Superior: uma reflexão*. 2004. 82 f. Monografia apresentada ao departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, 2004.

SANCHES, M.B. *et al.* Uma Discussão sobre o Mapeamento Conceitual da Relatividade e da Cosmologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea. *Atas do V ENEPEC*, Bauru, 2005.

SANCHES, M. B. *et al.* A Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Currículo do Ensino Médio. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 10., 2006, Londrina, PR. *Caderno de Resumos*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2006. p. 163.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A Teoria das cores de Newton: um exemplo do uso as história da ciência em sala de aula. *Ciência & Educação*. São Paulo, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

SILVA, C. C.; PIMENTEL, A. C. Benjamin Franklin e a história da eletricidade em livros didáticos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 10., 2006, Londrina. *Caderno de Resumos*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2006. p. 116.

SILVEIRA, L. de M.; TERRAZAN, E. A. Concepções Alternativas e Livros Didáticos. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 5., 1996, Águas de Lindóia, SP. *Anais*. Águas de Lindóia: Lindóia, 1996. p. 504-511.

STUDART, N. Einstein e o Ano Mundial da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 27, n. 1, p. 1-4, 2004.

TEIXEIRA, P. M. M. A Educação Científica sob a Perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica E Do Movimento C.T.S. no Ensino de Ciências. *Ciência & Educação*. São Paulo, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TOMAZELLO, M. G. C. (Org.); DANHONI NEVES, M. C.; GURGEL, C. M. do A.; FANTE JÚNIOR, L. SAVI, A. A. *A experimentação na aprendizagem de conceitos físicos sob a perspectiva histórico-social*. Piracicaba: UNIMEP/CAPES/PROIN, 2000.

UENO, P. *Física*. 1. ed. São Paulo: Ática, 2005.

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. O Livro Didático De Ciências No Ensino Fundamental – Proposta De Critérios Para Análise Do Conteúdo Zoológico. *Ciência & Educação*, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003.

VALADARES, E. C., MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

VEIT, E. A., THOMAS, G., FRIES, S. G., AXT, R., SELISTRE, L. F. O efeito fotoelétrico no 2º grau via microcomputador. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 68-88, ago 1987.

VIEIRA, C. T.; VIEIRA, R. M. construção de práticas didático-pedagógicas com orientação cts: impacto de um programa de formação continuada de professores de ciências do ensino básico. *Ciência & Educação*. São Paulo, v. 11, n. 2, p. 191-211, 2005.

WUO, W. O ensino de física na perspectiva do livro didático. In: OLIVEIRA, M. A. T. de; RANZI, S. M. F. (Org.). *Histórias das disciplinas escolares no Brasil: contribuições para o debate*. Bragança Paulista: EDUSF, 2003. p. 299-338.

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.

ZIMAN, J. *A força do conhecimento*. Tradução: Eugênio Amado. Ed. Itatiaia; São Paulo e Ed. Da Universidade de São Paulo, 1981.

ANEXOS

ANEXO I
AUTORIZAÇÃO

Eu, _____, diretor(a) do Colégio
_____, do município de
_____, autorizo a acadêmica
da Universidade Estadual de Maringá, Mônica Bordim Sanches, R.A. n.º 42504, do Programa de Pós-
graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, desenvolver sua pesquisa de campo nesta
instituição de ensino, realizando entrevistas com professores e alunos do Ensino Médio, da disciplina de Física.

Atenciosamente

Assinatura do diretor

ANEXO II

TERMO DE CONSENTIMENTO

Título do Projeto: "Reflexões sobre a introdução da Física Moderna no Ensino Médio: uma abordagem qualitativa"

Estamos realizando uma pesquisa com o intuito de refletir sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Para tal fim, estamos, coletando dados de alunos e professores sobre suas idéias e sugestões para essa temática. Serão usados questionários para o levantamento de dados, coletados de forma anônima, preservando, pois, a fonte de todas as informações que, porventura, sejam utilizadas na redação de trabalho final da pesquisa.

A pesquisa envolverá somente a manipulação dos dados constantes nos questionários respondidos, preservando sempre o anonimato das pessoas envolvidas no projeto. Cada pessoa envolvida no projeto terá total esclarecimento, antes e durante a pesquisa, sobre a metodologia. Também terá total liberdade de recusar ou retirar o consentimento sem penalização.

Eu, _____, (*responsável pelo menor, se for o caso*) após ter lido e entendido as informações e esclarecido todas as minhas dúvidas referentes a este estudo com o acadêmico de pós-graduação _____, **CONCORDO VOLUNTARIAMENTE**, (*que o(a) meu(minha) filho(a), se for o caso*) _____ participe do mesmo.

Assinatura (do pesquisado ou responsável) ou impressão datiloscópica

Data: ___/___/___

Eu, Prof. Dr. _____, declaro que forneci todas as informações referentes ao estudo ao paciente.

Assinatura

Data: ___/___/___

Equipe (incluindo pesquisador responsável):

1-	Nome:	Telefone:
	Endereço Completo:	
2-	Nome:	Telefone:
	Endereço Completo:	

Qualquer dúvida ou maiores esclarecimentos procurar um dos membros da equipe do projeto ou o Comitê Permanente de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (COPEP) da Universidade Estadual de Maringá – Sala 01 – Bloco 10 – Campus Central – Telefone: (44) 3261-4444.

APÊNDICE

APÊNDICE I

Roteiro para análise de livros

- Conteúdos de FMC são abordados nos livros didáticos?

- Se sim:

- Quais os tópicos que aparecem nos textos?
- De que formas eles aparecem?
- Quando o livro didático aborda tópicos de FMC, no manual do professor o autor faz algum comentário sobre esses tópicos:
- Há um “casamento” interdisciplinar com os capítulos anteriores?
- Número de páginas por capítulos
- Número de páginas de exercícios resolvidos e exercícios propostos

Apêndice II

Questionário para os professores sobre o tema “Inserção da Física Moderna no Ensino Médio”

Responda em folha avulsa. Para tanto, use as folhas de papel almaço disponíveis. Numere as respostas com o mesmo número das perguntas. Use quantas folhas precisar.

Idade: _____ Gênero: M: _____ F: _____

- 1- Qual sua formação, o ano e o local onde se formou? Possui formação pós-graduada? Qual ano e local?
- 2- Há quanto tempo você atua como professor do Ensino Médio? Qual sua carga horária semanal, nesta escola?
- 3- O que você acha da inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?
- 4- Você se encontra preparado para ensinar Física Moderna e Contemporânea para seus alunos? Por quê?
- 5- Quais as vantagens e desvantagens de se ensinar Física Moderna e Contemporânea para seus alunos de Ensino Médio?
- 6- Você aborda algum tema de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?
- 7- Sua escola possui laboratório de física? Se sim em quais condições?
- 8- Qual o livro didático que você usa em sala de aula? Esse livro aborda tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Se sim o que você acha do tratamento dado pelo autor?
- 9- Seus alunos levantam questionamento sobre temas de Física Moderna ou Contemporânea em sala de aula?
- 10- Quais outras possíveis fontes de informações que os alunos poderiam estar acessando sobre Física Moderna ou Contemporânea?
- 11- Você acha que seus alunos se interessariam por temas, como a teoria da relatividade, a origem do universo, entre outros?
- 12- Você acha que é possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio? Se sim, de que forma?
- 13- Se a Física Moderna e Contemporânea fosse inserida no Ensino Médio, quais sugestões você teria para essa inserção?

APÊNDICE III

Questionário para os alunos sobre o tema “Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”.

Responda em folha avulsa. Para tanto, use as folhas de papel almaço disponíveis. Numere as respostas com o mesmo número das perguntas. Use quantas folhas precisar.

Idade: _____ Gênero: M: _____ F: _____

- 1- Você sabe qual a diferença entre a Física Moderna e a Física Clássica?
- 2- Em suas aulas de Física, o professor aborda questões sobre a Física Moderna ou Contemporânea na sala de aula?
- 3- Qual sua principal fonte de informações sobre Física Moderna e Contemporânea?
- 4- Você gostaria que temas como teoria da relatividade, a origem do universo, a astrofísica, fossem ensinados na disciplina de Física?
- 5- O que você acha das suas aulas de Física?
- 6- O que você sabe sobre:
 - a. Efeito fotoelétrico:
 - b. Radioatividade:
 - c. Dualidade onda-partícula:
 - d. Fissão e fusão nuclear:
 - e. Teoria da relatividade:
 - f. Raios X:
 - g. Semicondutores e Supercondutores:
 - h. Laser:
 - i. Big Bang:
 - j. Fibras ópticas:

