

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: EXPECTATIVAS E TENDÊNCIAS

MODERN PHYSICS AND CONTEMPORARY IN HIGH SCHOOL: EXPECTATIONS AND TRENDS

Ligia Valente¹

Marcília Elis Barcellos², Sonia Salem³, Maria Regina Dubeux Kawamura⁴

¹Instituto de Física-USP/ligia@if.usp.br

²Instituto de Física-USP/marcilia@if.usp.br

³Instituto de Física-USP/sosalem@if.usp.br

⁴Instituto de Física-USP/mrkawamura@if.usp.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar as tendências para inserção de conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, que vêm se estabelecendo através dos livros didáticos recentes. Pretende-se investigar de que forma essas tendências respondem às expectativas da comunidade de pesquisa em Ensino de Física, expressas nos últimos anos. Para isso, procuramos explicitar as justificativas para a inserção desses novos conteúdos, expressas no âmbito da pesquisa em ensino e em orientações curriculares recentes, confrontando-as com as edições atuais dos textos didáticos de Ensino Médio. Ainda, tendo em vista as reflexões propostas no âmbito da transposição didática, confrontamos os conteúdos desses livros a conhecimentos que adotamos como um “saber de referência”. Essa análise sinaliza que as principais justificativas para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio não estão incorporadas nos livros didáticos e apontam para a necessidade de que venham a ser melhor discutidas em propostas futuras.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea, Ensino Médio, Livro Didático, Seleção de Conteúdos, Transposição Didática.

Abstract

Our main purpose in this paper is to investigate the new trends expressed by Modern and Contemporary Physics topics in high school textbooks in their recent editions. We intend to analyze in which dimension the introduction of these themes could correspond to the expectations of Physics teaching research community, with the meanings they have been proposed in the last years. With this perspective, we collected and classified the reasons for justifying the presence of modern physics in high school physics education, as formulated by different researchers. These reasons were confronted with approaches and emphases present in modern physics topics in textbooks. Our results indicated that there are no correspondences between these two ensembles and the main education scopes are not present in these recent insertions. It also signalizes the urgency for new discussions and propositions.

INTRODUÇÃO

Na última década, cada vez vem se tornando mais presente a discussão sobre a necessidade da introdução de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio (FMC no EM). Na área de Ensino de Física, diferentes trabalhos têm se preocupado com essa questão, incluindo a discussão de temas e possibilidades curriculares, além de pesquisas voltadas para o levantamento das concepções dos alunos e para o desenvolvimento de exemplares em sala de aula. Uma extensa revisão bibliográfica sobre esse assunto foi desenvolvida, há alguns anos, por Ostermann (2000). Paralelamente, diversos livros didáticos começaram a introduzir unidades voltadas para esses assuntos, em suas edições mais recentes, além de também terem sido publicados materiais didáticos independentes, alguns deles incluindo propostas de experimentos.

Apesar da aparente unanimidade em relação à necessidade dessa inserção, as considerações que vêm sendo apresentadas para justificá-las, assim como as próprias propostas delineadas, têm se mostrado diversificadas, expressando diferentes expectativas quanto ao papel que a introdução desses temas pode vir a ter na educação científica dos jovens ao final de sua escolaridade básica. E essa diversidade é parte do processo de reflexão sobre esses temas, já que manifesta os vários âmbitos e aspectos envolvidos, muitas vezes complementares, respondendo também a diferentes objetivos formativos, em momentos e situações específicos, transformados em objeto de atenção ao longo dessa complexa atividade que é o processo educativo.

Por outro lado, a introdução dos temas de Física Moderna nos livros didáticos de ensino médio, ao buscar responder a essas expectativas, vai aos poucos estabelecendo e consolidando determinadas tendências através da forma e do tratamento adotado, expressas tanto pela seleção de conteúdos introduzidos, como pela natureza das abordagens incorporadas. Isso é particularmente relevante se considerarmos que a maioria das edições de livros didáticos de Física voltados ao ensino médio, colocadas no mercado a partir de 2001, insere algum capítulo sobre esses conteúdos. Além disso, começam a surgir também publicações dirigidas para estudantes do ensino médio que tratam especificamente de Física Moderna, como é o caso de Braz Júnior (2002).

Nosso objetivo no presente trabalho é investigar em que medida as tendências que começam a se estabelecer através dos textos didáticos estão satisfazendo às expectativas da comunidade de pesquisa em Ensino de Física, expressas em diferentes trabalhos, assim como aos objetivos formativos apontados nas diretrizes e nos parâmetros curriculares para o ensino médio, através das competências e habilidades a serem promovidas. Com esse objetivo, serão desenvolvidos dois eixos de análise. Por um lado, pretendemos investigar de forma sistemática, a partir de publicações da área de pesquisa em ensino de Física, as diferentes justificativas que vêm sendo apresentadas e que vêm motivando a consolidação da introdução desses temas, buscando categorias que possam representar essas expectativas. Por outro lado, analisaremos as formas pelas quais a FMC está chegando ao EM através dos livros didáticos, a partir de uma amostra dos textos mais utilizados.

Em seguida, tendo presente as caracterizações dessas duas vertentes, procuramos confrontá-las, discutindo as perspectivas que a introdução desses temas vêm assumindo frente às expectativas identificadas, no sentido de buscar atualizar essa discussão e, eventualmente, identificar aspectos que mereçam especial atenção.

Compartilhamos a necessidade de introdução desses temas, considerando a importância dos conhecimentos neles envolvidos para a compreensão do mundo contemporâneo, seja do ponto de vista da cultura científica que se está instaurando, da compreensão dos desenvolvimentos tecnológicos que permeiam nosso cotidiano e da natureza do próprio conhecimento científico ou mesmo das transformações introduzidas pela forma de investigação da FMC.

AS EXPECTATIVAS E SUAS JUSTIFICATIVAS

A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio consolidou-se nos últimos anos como uma forte tendência de renovação curricular. Podemos afirmar que se trata de tendência realmente consolidada, pois grande parcela dos livros didáticos mais utilizados no EM incorporou de alguma maneira conteúdos de Física Moderna.

Para identificar as expectativas dessa inserção, analisamos artigos da área de pesquisa em Ensino de Física e trabalhos apresentados em Encontros e Congressos, buscando as principais justificativas apresentadas. Restringimos nossa análise ao período dos últimos anos e àqueles casos em que as justificativas eram explícitas, com o objetivo de construir categorias que buscam sistematizar e sintetizar os discursos encontrados. Tais categorias, de alguma forma, utilizam o universo das relações ciência-tecnologia-sociedade, em suas diferentes articulações. Uma proposta metodológica semelhante pode ser encontrada em Santos (1999) que, ao discutir uma concepção de CTS, propõe subsistemas definidos pelas interações implicadas no trinômio CTS e suas correspondentes “reinvenções curriculares” no ensino de Ciências, com diferentes enfoques na Ciência, na Tecnologia ou na Sociedade.

Apropriando-nos das considerações e propostas de articulações feitas também por Santos (2001) identificamos nos discursos analisados três grandes conjuntos ou categorias de justificativas: uma primeira, relativa a aspectos internos da ciência e sua natureza, tais como a história e a filosofia da ciência, uma segunda, articulando ciência e tecnologia e uma terceira, mais abrangente, incluindo tanto aspectos da ciência e da tecnologia quanto suas relações com a sociedade.

É importante ressaltar que não houve a intenção de enquadrar autores em categorias, mesmo porque alguns autores fazem menção a diversificados objetivos e justificativas. Trata-se de procurar identificar e sistematizar a natureza das expectativas apresentadas, reconhecendo (e compartilhando) sua diversidade. Esclarecemos, também, que tais categorias foram construídas para demarcar as tendências mais significativas e nem sempre são excludentes, ou seja, podem ser complementares e intercambiáveis, compondo campos com intersecções.

1. Ciência

Nesta categoria reunimos as justificativas que privilegiam aspectos internos à ciência, enfatizando uma nova visão da física enquanto ciência, resultante das idéias introduzidas pela Física Moderna, como por exemplo, a relatividade do espaço e do tempo e a quantização de energia. As justificativas caracterizadas aqui fazem um forte apelo à necessidade de se explorar a atividade científica em suas dimensões histórica, cultural e filosófica. Alguns autores destacam que esse tipo de abordagem, em que a ciência é apresentada em sua face mais completa, pode vir a ser um fator de motivação para os alunos e até mesmo servir como incentivo para que jovens sigam a carreira científica.

Como exemplo desse tipo de justificativa, podemos citar os trabalhos de Pinto e Zanetic (1999), que elucidam o contraponto entre a física moderna e a física clássica:

“É preciso transformar o ensino de Física tradicionalmente oferecido por nossas escolas em um ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna, não como uma mera curiosidade, mas como uma Física que surge para explicar fenômenos que a Física Clássica não explica, constituindo uma nova visão de mundo. Uma Física que hoje é responsável pelo atendimento de novas necessidades que surgem a cada dia, tornando-se cada vez mais básicas para o

homem contemporâneo, um conjunto de conhecimentos que extrapola os limites da ciência e da tecnologia, influenciando outras formas do saber humano.”

(Pinto e Zanetic, 1999, p.16)

Da mesma forma, Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998), entre outras justificativas destacam:

“...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 do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física.”

(Ostermann, Ferreira e Cavalcanti, 1998, p.20)

2. Ciência e Tecnologia

Nessa segunda categoria reunimos as justificativas mais fortemente baseadas na interface entre a ciência e a tecnologia. Nesse caso, os autores enfatizam que muitos dos aparatos tecnológicos presentes no cotidiano são, de alguma forma, frutos do desenvolvimento da Física Moderna. Assim, justificam que a compreensão de muitos dos conceitos desenvolvidos na Física Moderna é essencial e importante para compreender grande parte da tecnologia atual, presente em sistemas e equipamentos do cotidiano.

Como exemplo dessa tendência, citamos Valadares e Moreira (1998), Delizoicov (2001) e Terrazzan (1992):

“É imprescindível que o estudante do segundo grau conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. Daí a importância de se introduzir conceitos básicos de Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano.”

(Valadares e Moreira, 1998, p.15)

“...elaboração de um programa para o Ensino de Física nos três anos da escola média, que inclui a física moderna, de modo a subsidiar um trabalho didático pedagógico que permita tanto a apreensão dos conceitos, leis, relações da Física e sua utilização, bem como sua aproximação com fenômenos ligados a situações vividas pelos alunos, sejam de origem natural, sejam as de origem tecnológica.

(Delizoicov, 2001, p.145)

“Aparelhos e artefatos atuais, bem como fenômenos cotidianos em uma quantidade muito grande, somente são compreendidos se alguns conceitos estabelecidos a partir da virada desse século forem utilizados.”

(Terrazzan, 1992, p.210)

3. Ciência, Tecnologia e Sociedade

Outras justificativas para que a FMC seja contemplada no Ensino Médio defendem a importância desses conhecimentos científicos para a formação do cidadão contemporâneo. Nesse caso, há uma ênfase em uma formação mais ampla, preocupada em formar cidadãos que saibam lidar de forma crítica com os problemas contemporâneos, para compreender e atuar numa

sociedade que está constantemente influenciando e sendo influenciada pelas mudanças tecnológicas e científicas. E os conhecimentos de FMC seriam essenciais para subsidiar tais propósitos. Vemos essa tendência em trabalhos de Delizoicov (2001) e no PCN+ (2002):

“...o conhecimento trabalhado na escola deve ter a função de instrumentalizar o aluno para a sua melhor compreensão e atuação na sociedade contemporânea.”

(Delizoicov, 2001, p.135)

“Alguns aspectos da chamada física moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirirem uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria. [...] A compreensão desses aspectos pode propiciar ainda, um novo olhar sobre os impactos da tecnologia nas formas de vida contemporânea, além de introduzir novos elementos para uma discussão consciente da relação entre ética e ciência.”

(PCN+, 2002, p.77)

Também estão presentes nessa categoria os trabalhos de Machado e Nardi (2006), em que ao discutir uma proposta de construção de conceitos de FMC com suporte da hipermídia, destacam a evolução das concepções dos estudantes quanto aos conceitos tratados e suas implicações com aspectos ambientais, políticos e éticos associados a abordagens que enfatizam as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Terrazzan (1992), além de enfatizar os aspectos que mais se aproximam da ênfase “Ciência e Tecnologia”, também argumenta a importância dos conhecimentos da FMC para uma inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão no mundo atual.

É possível, portanto, identificar três conjuntos de justificativas, cada um com uma natureza específica, priorizando ora os novos conceitos e concepções da própria Física, ora o potencial de explicação tecnológica implícito nesses conhecimentos, ora sua contribuição para a compreensão das questões sociais do mundo contemporâneo. Na Figura 1 apresentamos uma representação que sintetiza esse panorama, envolvendo os três conjuntos identificados e situando-os nas intersecções da tríade ciência-tecnologia-sociedade. O primeiro conjunto corresponde diretamente ao âmbito da ciência, enquanto o segundo, à intersecção das questões relacionadas à ciência e tecnologia e, finalmente, o terceiro às intersecções tanto da ciência e sociedade quanto da ciência, tecnologia e sociedade.

1 - Justificam a inserção da física moderna no ensino médio pela riqueza que esse tema permite em discutir aspectos relacionados à natureza da ciência, com seus aspectos históricos e filosóficos, suas metodologias visões de mundo e transformações. Menciona também motivar o interesse dos alunos pela ciência e que esse tipo de abordagem incentiva os jovens a seguirem na carreira científica.

2 - Dentre as expectativas aqui estão as que dão ênfase à ponte entre os conteúdos de Física Moderna e os aparatos tecnológicos presentes no nosso cotidiano. Justificam que para compreender grande parte dos artefatos tecnológicos presentes no dia a dia são necessárias noções de física moderna.

3 - Aqui se situam as expectativas que enfatizam a importância dos conteúdos de física moderna na interface ciência e sociedade. Destacam que um cidadão contemporâneo precisa compreender a ciência moderna para se posicionar de forma crítica nas implicações que a ciência e a tecnologia têm na sociedade.

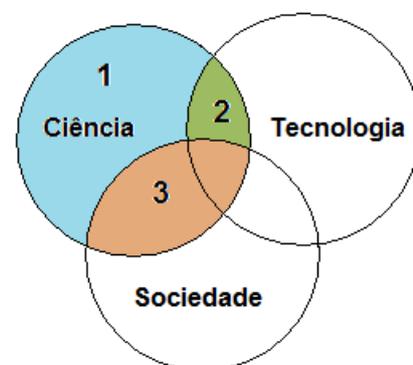


Figura 1: Diagrama das categorias sínteses

Acreditamos que esse quadro resume e sintetiza o conjunto de justificativas para a inserção da FMC no EM, tal como encontradas nas discussões da área de pesquisa em Ensino de Física. Criam a expectativa, portanto, de que, nas propostas concretas para o ensino médio, assim como nos livros-texto, venham a ser contempladas seleções de conteúdos com formas e abordagens diferenciadas, permitindo explorar o tema de maneira ampla, incluindo aspectos tecnológicos e sociais, de forma a contemplar as várias motivações que justificam sua relevância.

A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NOS LIVROS DIDÁTICOS

Para analisar as iniciativas de introdução da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio nas edições recentes de livros didáticos, optamos por caracterizar a seleção de conteúdos que vêm sendo adotada, para procurar inferir os critérios implícitos nessa seleção. Além disso, investigamos a natureza das abordagens desses conteúdos, a partir de indicadores como a extensão e a profundidade com que os conceitos são abordados, assim como as temáticas, tipo de tratamento dos temas e natureza dos exercícios propostos.

Na busca de uma estratégia que permitisse caracterizar os conteúdos abordados, optamos por estabelecer uma correspondência com os níveis de articulação propostos pelas considerações referentes à transposição didática (Chevallard, 1998), considerando o conteúdo dos livros didáticos como a base de um *saber a ser ensinado*. Nesse sentido, a análise pode ser desenvolvida buscando identificar como a seleção de seus conteúdos foi construída a partir de um *saber de referência*, que é, nesse caso, o conjunto de conhecimentos reconhecidos como de Física Moderna pela comunidade científica. E para operacionalizar essa comparação, tomamos como referência um livro didático de Física Moderna do Ensino Superior. Optamos pelo livro conhecido como TIPLER (2001)¹, por ser um texto largamente utilizado em diversos cursos superiores de Física, incluindo aqueles que, na maioria das Universidades, envolvem a formação dos futuros professores, os quais irão lecionar no Ensino Médio. Assim, pretendemos verificar, também, até que ponto os conteúdos, a ordem e o tipo de abordagem com que a Física Moderna e Contemporânea está presente nos livros do Ensino Médio encontram ou não referência na forma de tratamento desses mesmos conhecimentos nos livros de Ensino Superior.

No sentido de compor uma amostra representativa, foram selecionados nove livros didáticos de uso frequente no Estado de São Paulo, a partir de nossa experiência e contato com professores do Ensino Médio. Esses livros comparecerão referidos apenas por um de seus autores, em geral de reconhecimento comum entre os professores: AMALDI, 1995; BONJORNO et. al., 2003; CABRAL, 2002; CARRON, 2003; GASPAR, 2003; RAMALHO et. al., 2003; SAMPAIO, 2003; SILVA (Paraná), 2003; TALAVERA et. al., 2005. Optamos por analisar a coleção em 3 volumes, para os casos dos livros que tinham a versão em volume único.²

Para organizar a coleta de dados, elaboramos fichas individuais dos livros escolhidos com as principais informações do exemplar, enfatizando a maneira pela qual a Física Moderna está inserida nesses livros. Com esse objetivo, explicitamos o número de capítulos, suas divisões, principais temas e conteúdos abordados, a extensão com que esses temas foram tratados, expressa pelo número de páginas destinadas à teoria, exercícios resolvidos, exercícios propostos, além de verificar a incidência ou não de "Box" ou textos complementares de aprofundamento, históricos, científicos ou atividades diferenciadas.

¹ TIPLER, P. A., LLEWELLYN, R. A., 2001.

² O livro da Beatriz Alvarenga não está incluso em nosso trabalho, pois a Física Moderna é inserida ao longo do livro, de maneira pontual, o que dificultaria as comparações com outros livros.

Uma análise inicial mostrou que cada autor seleciona, ordena os conteúdos e nomeia os capítulos de maneira muito distinta, o que dificulta a identificação exata do que está sendo trabalhado. Assim, para caracterizar o conteúdo tratado em cada livro, não nos ativemos apenas ao nome da seção ou capítulo, mas ao que de fato estava comparando ao longo do texto. E para organizar esses diversos conteúdos, elaboramos uma matriz de conteúdos identificada como saber de referência, à qual associamos, individualmente, os assuntos presentes nos livros do Ensino Médio, no intuito de padronizar nossa análise e torná-la mais coerente. O resultado inicial dessa caracterização está apresentado na Tabela 1, em anexo. Nessa tabela, a primeira coluna apresenta os capítulos e os assuntos abordados no livro de referência (Tipler) e nas colunas seguintes, cada uma correspondendo a um dos livros de Ensino Médio analisados, aparecem os conteúdos abordados nesses livros em sua associação aos conteúdos de referência. A numeração indica a ordem pela qual esses conhecimentos aparecem no livro em análise.

Logo de início, podemos perceber que alguns temas do saber de referência não aparecem nos livros analisados. Assim, temas que tratam da Equação de Schroedinger, da Física estatística, da estrutura e espectro das moléculas e da Física do estado sólido estão ausentes, talvez por exigirem uma linguagem matemática elaborada e terem sido considerados assuntos demasiadamente profundos ou abstratos para os alunos do Ensino Médio.

Em relação aos conteúdos de fato abordados nesses livros, é possível identificar a presença de três temas principais, que correspondem à Relatividade, Quantização da Energia e Física Nuclear (com exceção dos livros de TAVALERA e de CABRAL que não tratam da Física Nuclear), embora esses temas sejam abordados em diferentes níveis.

Em uma análise mais pormenorizada, podemos também identificar alguns tópicos que são abordados em todos os livros, dentro desses temas, tais como Energia Relativística, Lei de Planck, efeito fotoelétrico, modelo nuclear de Rutherford e de Bohr. Para uma melhor identificação das escolhas presentes nos livros, o Gráfico 1 apresenta a frequência, em porcentagem, com que os principais tópicos aparecem nos livros.

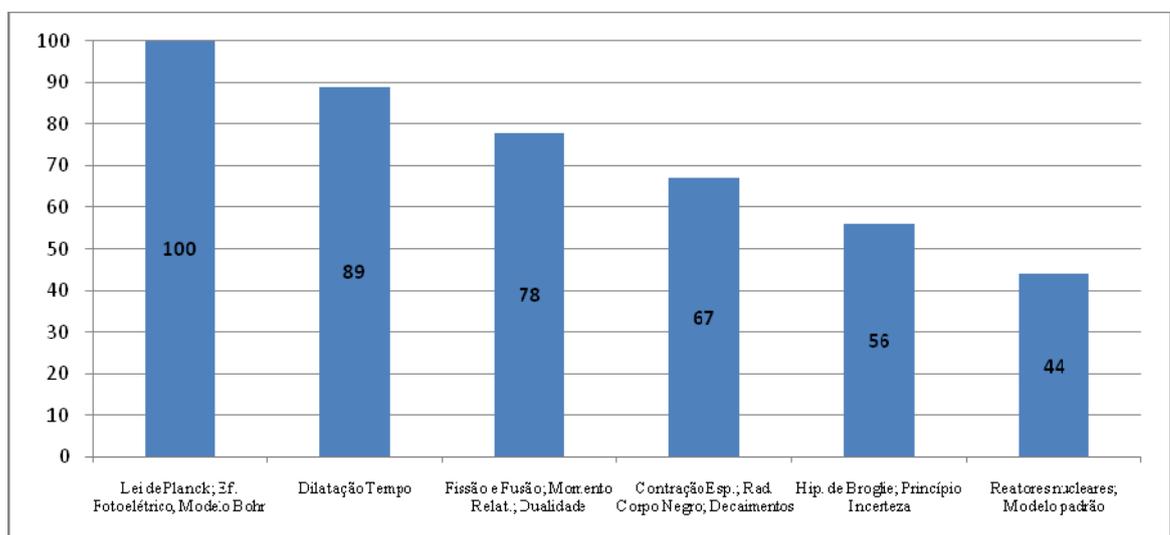


Gráfico 1: Assuntos mais abordados nos livros

Há ainda outros tópicos que aparecem em menos da metade da amostra. Alguns conteúdos como: transformações de Galileu, transformação de Lorentz, relatividade geral, raios X, espectros atômicos, energia de ligação, radioatividade (atividade, meia-vida), reações nucleares, partículas e antipartículas estão inseridos em apenas 3 livros, o que corresponde a 33% dos livros analisados. Temos ainda outros assuntos que são inseridos em poucos livros,

como a experiência de Michelson e Morley, aplicações da energia nuclear e o princípio de Pauli que só aparecem em 2 livros, ou seja, 22% dos livros analisados. Já os assuntos spin do elétron, distribuição espacial dos elétrons (orbitais), o experimento de Franck-Hertz, o Efeito Compton e as estrelas estão presentes em apenas 1 dos livros, o que corresponde a 11% dos livros.

Na Tabela 1, já mencionada e apresentada em anexo, na qual relacionamos o conteúdo abordado em cada livro do Ensino Médio com o livro de referência, numeramos a ordem que cada autor escolheu para tratar os assuntos. Com essa ordenação podemos verificar que 55%, ou seja, 5 livros desenvolvem os assuntos através de uma mesma seqüência, seguindo exatamente a mesma escolha do livro de referência, não apenas em relação aos tópicos e assuntos abordados, mas também em relação à ordenação dos capítulos. Essa ordem começa introduzindo a Relatividade, seguida pela Quantização da Energia e termina com a Física Nuclear. Percebemos, também, que 33% dos livros mantêm a mesma seqüência dos assuntos abordados, invertendo apenas a posição dos capítulos e introduzindo a Física Moderna e Contemporânea com a Quantização da Energia. Somente 1 livro tem uma seqüência diversificada e, apenas ao abordar a Relatividade, mantém uma ordem semelhante ao livro de referência.

A extensão com que esses temas foram tratados, expressa pelo número de páginas, pode funcionar como um indicador preliminar do nível de aprofundamento das questões trabalhadas em cada livro. Assim, o Gráfico 2 apresenta uma comparação, em números absolutos, das páginas destinadas à FMC, incluindo teoria, exercícios resolvidos e exercícios propostos aos alunos para cada livro.

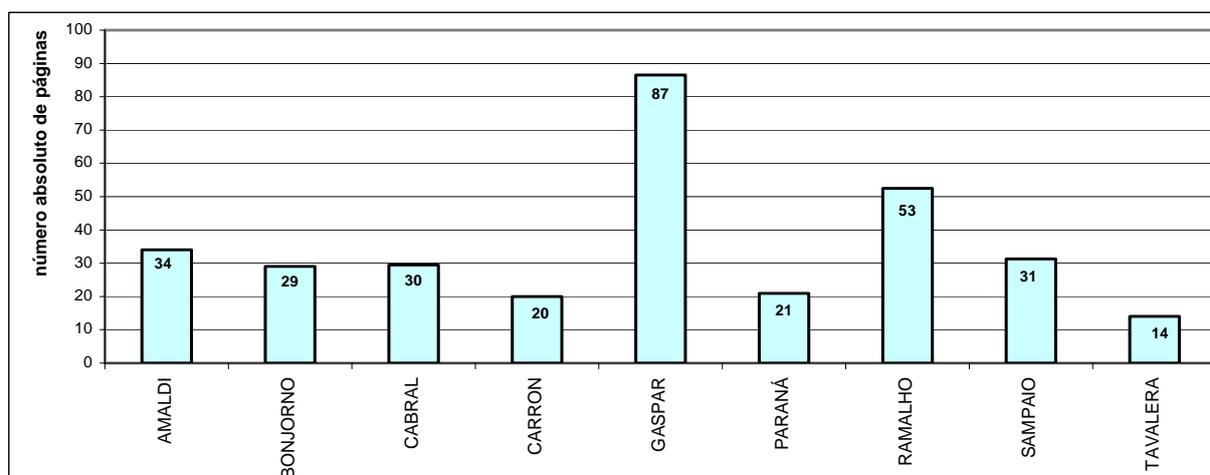


Gráfico 2: Número absoluto de páginas destinadas a Física Moderna em cada livro

Para estabelecer uma primeira aproximação em relação ao tipo de abordagem adotado em cada caso, optamos por, primeiramente, analisar a porcentagem do texto que cada livro destina à teoria e aos exercícios. Percebemos no gráfico abaixo (Gráfico 3), que 3 livros destinam mais de 35% de seu conteúdo total aos exercícios, considerando tanto os exercícios resolvidos como os propostos; 2 livros destinam 30% e 2 livros, aproximadamente 24%. Apenas dois deles destoam um pouco disso, o AMALDI não tem exercícios propostos, provavelmente por ter sido um dos primeiros livros a introduzir a FMC no EM, em 1992, em uma época em que essa tendência ainda não estava tão difundida. E o SAMPAIO destina apenas 11% aos exercícios.

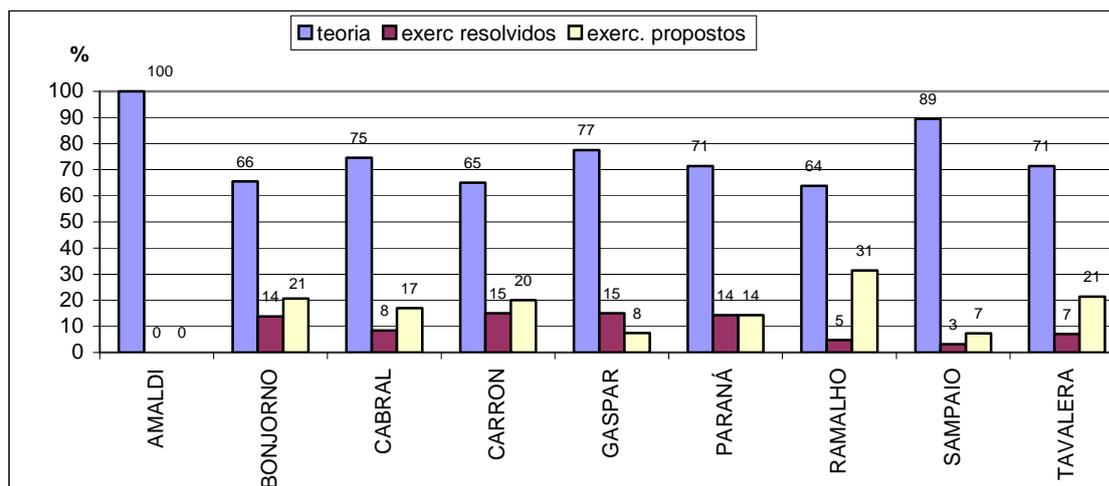


Gráfico 3: Porcentagem destinada à teoria, exercícios resolvidos e propostos em cada livro

Ao se analisarem esses nove livros, podemos perceber, em relação à abordagem adotada em cada um dos livros, que seis deles: BONJORNO et. al., 2003; CABRAL, 2002; CARRON, 2003; RAMALHO et. al., 2003; SILVA (Paraná), 2003; TALAVERA et. al., 2005, têm muitas características em comum, sendo a abordagem predominantemente informativa, com muitas ilustrações, pouca discussão conceitual, ênfase nas aplicações das “fórmulas” e muitos exercícios propostos com foco na aplicação numérica. AMALDI, 1995, por ter sido um dos primeiros a introduzir a FMC, numa época anterior às novas tendências, não tem exercícios propostos, os temas são expostos com uma discussão conceitual e problematizando as questões fundamentais. Em SAMPAIO, 2003, os temas são introduzidos de maneira diferenciada com uma discussão conceitual, mas ainda com ênfase nas aplicações das “fórmulas”. GASPAR, 2003, introduz a FMC no mesmo capítulo de ondas eletromagnéticas, sinalizando uma tendência que encontra ressonância com as propostas de Terrazzan (1994), mas isso é feito em apenas um dos capítulos, continuando os demais estanques. Esse livro, além de ser o que destina o maior número de páginas ao assunto, apresenta também temas e questões conceituais, mas não em detrimento de aplicações das “fórmulas”.

Esses dados sinalizam que na grande maioria dos livros de ensino médio foi feita uma transposição do saber de referência, representado em manuais didáticos do ensino superior, tratando apenas de fazer simplificações do mesmo, quer em termos da seleção de conteúdos tratados, quer em termos de abordagem, profundidade e extensão.

CONCLUSÃO

Com essa análise, podemos inferir, considerando as escolhas temáticas adotadas nos livros didáticos analisados, que está se definindo um conhecimento escolar sobre a FMC, no ensino médio, em unidades independentes e próprias, em geral como capítulos finais. Fica evidente também que a abordagem, considerando-se a breve extensão com que os temas são discutidos, privilegia aspectos informativos e não uma discussão conceitual propriamente dita.

Quer em relação aos conteúdos abordados, às seqüências utilizadas para introduzir a FMC ou à ênfase em exercícios e aplicações numéricas, temos um forte indicativo de que os livros didáticos de ensino médio reproduzem ou transpõem conteúdos e abordagens apenas simplificadas dos livros-textos de Ensino Superior.

É necessário ressaltar que um livro didático de Ensino Médio, ao inserir um tema de Física Moderna, tem objetivos muito diferentes daqueles com que os mesmos temas compõem

em um livro didático de Ensino Superior. Nesse sentido, as propostas de transposição didática que buscam no *saber sábio* a principal referência dos conhecimentos que serão transpostos ao *saber a ser ensinado*, merecem maiores reflexões. Uma vez que se trata de conhecimentos com objetivos distintos, a mera transposição, ainda que com simplificações, de alguns saberes do Ensino Superior não atende às expectativas de se ensinar Física Moderna no Ensino Médio.

Podemos perceber ainda que os livros apresentam uma ênfase que mais se aproxima da tendência aqui definida no conjunto de justificativas da “ciência”, ou seja, um enfoque que privilegia aspectos internos do conhecimento científico. De certa forma, isso responde à expectativa de apresentar algumas das novas idéias da física do séc. XX. No entanto, o tipo de abordagem predominante nos livros enfatiza muito pouco os elementos relativos à natureza da ciência, ou seja, às novidades que esses conhecimentos evidenciam em termos de concepções, visões de mundo ou formas de investigação, restringindo-se aos conteúdos propriamente ditos. Assim, os livros sequer atendem ao cerne das expectativas do que identificamos como nosso primeiro conjunto de justificativas para a inserção desses conteúdos no ensino médio.

O segundo conjunto de justificativas, aqui identificado como “ciência e tecnologia” ressalta a importância da ciência como base para o conhecimento tecnológico contemporâneo. No entanto, em assuntos como o efeito fotoelétrico, por exemplo, os livros apresentam a parte conceitual e algumas aplicações de expressões matemáticas, estando longe, porém, de contemplar discussões sobre como esse fenômeno está presente em tecnologias do mundo cotidiano. Em alguns livros as aplicações aparecem na forma de “box”, embora desarticuladas dos textos.

Já em tópicos como energia nuclear, verificamos uma ênfase no conteúdo de física propriamente dito, e poucas discussões envolvendo aspectos de Ciência Tecnologia e Sociedade. Mas são nesses aspectos que se situam a principal tendência das expectativas do terceiro conjunto de justificativas que identificamos.

Em síntese, podemos verificar que a grande maioria dos livros didáticos de ensino médio não atende a qualquer uma das justificativas apontadas quer pelas tendências predominantes na pesquisa da área, quer pelas orientações curriculares mais recentes. Mantêm um tratamento desse tópico tal como os demais conteúdos da “física clássica”, essencialmente formal, abstrato e com fins no conhecimento de física em si próprio.

Esses resultados apontam que, se de um lado as práticas da educação escolar vêm incorporando algumas orientações oriundas da pesquisa em ensino e das diretrizes e orientações curriculares nacionais, no sentido de inserir temas da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, por outro lado, não o fazem na perspectiva de uma aprendizagem com real significado, na qual esses temas adquiram sentido, sejam contextualizados no mundo contemporâneo e possam promover competências para uma formação cultural mais abrangente.

Diante disso, reforça-se também a necessidade de que as investigações na área e seus resultados sejam dirigidos de forma a melhor caracterizar seus usos e aplicações para que de fato contribuam às práticas educativas. No caso da inserção da FMC, em particular, isso significa investigar diferentes conteúdos e formas de abordá-los, quer na formação inicial de professores, quer nas salas de aula do ensino médio. Esse é o nosso novo desafio, procurando transformar as intenções largamente compartilhadas em novas e significativas práticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: área de Ciências Naturais, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. P. 200-273.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

CHEVALLARD, Yves. *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique, 1998.

CRUZ, Sônia Maria S.C.S.; ZYLBERSZTAJN, Arden. O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos. In: PIETROCOLA, Maurício. (Org.) *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001, p.171-196.

DELIZOICOV, Demétrio. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, Maurício. (Org.) *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001, p.125-150.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da Ciência com o suporte da hipermédia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.28, n.4, 2006.

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*, v.20, n.3, 1998.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". *Investigações em Ensino de Ciências*, v.5, n.1, 2000.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.16, n.1, 1999.

SANTOS, Maria Eduarda Vaz Moniz. *Desafios pedagógicos para o Século XXI*. Lisboa, Portugal: Livros Horizonte, 1999.

SANTOS, Maria Eduarda Vaz Moniz. *A cidadania na voz dos manuais escolares*. Lisboa, Portugal: Livros Horizonte, 2001

TERRAZZAN, E.A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2o. grau. *Cad. Cat. Ens. Fis.*, 9(3): 209-14, 1992.

_____. *Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média*. Dissertação de mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação - USP. São Paulo, 1994.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: Efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.15, n.2, 1998.

LIVROS DE ENSINO ANALISADOS

AMALDI, Ugo. *Imagens da Física: as idéias e as experiências, do pêndulo aos quarks*. São Paulo: Scipione, 1995.

- BONJORNO, José Roberto; BONJORNO, Regina Azenha; BONJORNO, Valter; RAMOS, Clinton Márcico. *Física: história & cotidiano 3*. São Paulo: FTD, 2003.
- BRAZ JUNIOR, Dulcídio. *Física Moderna: tópicos para o ensino médio*. Campinas: Companhia da Escola, 2002.
- CABRAL, Fernando; LAGO, Alexandre. *Física 3*. São Paulo: Harbra, 2002.
- CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Oswaldo. *Física: volume único - coleção base - 2ª ed.* São Paulo: Moderna, 2003.
- GASPAR, Alberto. *Física: Eletromagnetismo e Física Moderna 3*. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2003.
- RAMALHO, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. *Os fundamentos da física 3*. 8ªed. rev. e ampl. São Paulo: Moderna, 2003.
- SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. *Física volume único - coleção ensino médio atual*. São Paulo: Atual, 2003.
- SILVA, Djalma Nunes. *Física Paraná - volume único - série novo Ensino Médio- 6ª ed.* São Paulo: Ática, 2003.
- TALAVERA, Álvaro Csapo; PIAZZI, Pierluigi; CARVALHO, Luiz Tarcísio; SILVEIRA; Elcio Moutinho. *Física: Ensino Médio: volume único*, 1ª ed. São Paulo: Nova Geração, 2005.
- TIPLER, P. A., LLEWELLYN, R. A., *Física Moderna*, 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

ANEXO: Tabela 1: Conteúdos do “saber de referência” e os conteúdos dos livros didáticos

	Amaldi	Bonjorno	Cabral	Carron	Gaspar	Ramalho	Sampaio	Paraná	Tavalera
TIPLER, P. A., LLEWELLYN, R. A.									
Capítulo 1: Relatividade									
Provas experimentais da Relatividade exp Michelson e Morley			6			2			
Transformações de Galileu			6		3	1			
Os postulados de Einstein	1	1	7	1	5	3	1	11	
A transformação de Lorentz						4			
Dilatação dos tempos		2	8	2	6	5	2	12	4
Contração das distâncias		2		2	4	5	2	12	
Capítulo 2: Relatividade II									
Momento Relativístico		3		3	7	7	3	13	4
Energia Relativística	2	4	9	3	8	6	4	13	4
Massa Invariante							5		
Relatividade Geral					9		6		5
Capítulo 3: Quantização da carga, Luz e energia									
Radiação do corpo negro	3	5	1		12		7	1	
Lei de Planck	3	5	1	4	12	8	7	4	1
O efeito fotoelétrico	4	6	2	5	1	9	8	5	2
Raios X				9	10*			2	
Efeito Compton		7							
Capítulo 4: O Átomo									
Espectros atômicos			3		14			3	
Os modelos de Rutherford e o de Bohr	6	9	4	6	13	10	9	8	3
O Experimento de Franck-Hertz					15				
Capítulo 5: Propriedades ondulatórias das partículas									
A hipótese de de Broglie					18	12	10	7	3
O princípio de indeterminação		10			20	13	12	9	
O dualismo onda-partícula	5	8	5		2	11	11	6	
Capítulo 7: A física atômica									
As funções de onda do átomo de hidrogênio (distribuição)					19				
O Spin do elétron					16				
Estados fundamentais dos átomos dos elementos: A tabela periódica (Pauli)	7				17				
Capítulo 11: Física Nuclear									
Propriedades do núcleo no estado fundamental Energia de ligação	12			10	22				
Radioatividade (atividade, meia vida)	9			7		17			
Decaimento Alfa, Beta e Gama	8	11			11	16	13	14	
A força nuclear							13		
Capítulo 12: Reações nucleares e suas aplicações									
Reações nucleares	7			10	22				
Fissão e fusão	12	11		11	22	18	16	15	
Reatores nucleares	12	11		11		18			
Aplicações	11			8					
Capítulo 13: Física das partículas									
Partículas e antipartículas					21	14	14		
O modelo padrão	10				23	15	15	10	
Capítulo 14: Astrofísica e cosmologia As estrelas						19			