UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação**

VALÉRIA ROSA MARTINS

**O ensino da física moderna nos livros didáticos do
início do século XX**

São Paulo

2015

VALÉRIA ROSA MARTINS

**O ensino da física moderna nos livros didáticos do
início do século XX**

Dissertação apresentada aos Institutos de
Física, de Química e de Biociências e à
Faculdade de Educação, da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Mestre
em Ensino de Ciências
Programa de Pós-Graduação Interunidades em
Ensino de Ciências
Área de Concentração: Ensino de Física
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cristina Leite

São Paulo
2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Martins, Valéria Rosa

O ensino de física moderna nos livros didáticos do início do século XX. São Paulo, 2014.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Profa. Dra. Cristina Leite

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e ensino; 2. Livro didático; 3. Física moderna – Estudo e ensino.

USP/IF/SBI-088/2014

*“A educação sozinha não muda a sociedade;
sem ela, tampouco a sociedade muda.”*
Paulo Freire

Agradecimentos

Agradeço antes de qualquer coisa, à minha família. Meu pai João, minha mãe Nazilda e minha irmã Viviane, pelo apoio que eles têm me dado desde de que eu me lembro. Pelo amor e principalmente pela paciência. Por sempre estarem do meu lado e me apoiarem. Pelos inúmeros finais de semana que pedia silêncio para estudar e que nem sempre compreendiam, mas sempre tentavam me ajudar.

À minha orientadora Cristina Leite também pela paciência mas sobretudo pela coragem em aceitar me orientar em um projeto diferente daquilo com que sempre trabalhou. Agradeço também a Maria Beatriz Fagundes, por ser minha coorientadora não oficial e pelas dicas. Às duas, agradeço pela disponibilidade, pelas reuniões fora de horário, pelas leituras e conversas e especialmente pelo incentivo e por acreditarem em mim e neste trabalho.

Aos meus colegas de graduação e pós, que me incentivaram a continuar. Givaldo, Thiago, Fernanda(s), Vanessa, Daniel, Marta, Flávia, Andreza. Aos meus colegas do “corredor de ensino”, Graciela, Leika, Jucivagno, Sonia, Renata. A todos aqueles que buscam nas suas pesquisas, um sentido para o ensino de Física.

Aos professores de graduação e pós, Vitor, Fernando, Cristiano, Maurício, Menezes, Maria Lúcia, Regina, pelo apoio nesta minha “incrível jornada”.

À banca de qualificação composta pelos professores Megid e Yassuko, que contribuíram para a continuidade deste trabalho e também por aceitarem compor a minha banca de defesa.

Aos meus (novos) amigos da FTD que sempre me incentivaram a continuar. Obrigada pelo apoio amigos do “Ensino Médio”.

Um agradecimento muito especial aos meus amigos Viviam e Edu, que surgiram na minha vida num momento turbulento e que felizmente, não consigo imaginar mais minha vida sem eles. Ao Edu, obrigada por todas as conversas, de Física, de Filosofia, da vida!

À Viviam pela leitura cuidadosa deste trabalho, pelo carinho e por ser tão especial e incrível pessoa!

À minha amiga de sempre Chiara, pelas conversas e por me mostrar que amizade nem sempre é do jeito que queremos, mas que os amigos de verdade são realmente para sempre.

Ao Aílton e todos da CPGI pela enorme paciência e prestatividade aos docentes do programa de pós.

À Capes pelo apoio financeiro.

E a todos aqueles que acreditam que a educação realmente pode mudar a vida das pessoas, como mudou a minha.

Resumo

O livro didático, mesmo com todos os recursos digitais disponíveis, possui papel de destaque na educação básica brasileira, seja em razão de seu amplo acesso a alunos e professores, seja por causa de sua presença na história da nossa educação. Como fonte de pesquisa, esse material tem atraído cada vez mais interesse dos pesquisadores que o analisam sob diversos aspectos. Neste trabalho analisamos o livro didático como fonte documental histórica e tivemos como objetivo estudar a inserção de conteúdos de física moderna em livros didáticos de Física do começo do século XX. Analisamos cinco livros didáticos de Física: **Traité élémentaire de Physique** (1918), de Albert Ganot; **Curso elementar de Physica** (1920), de Antônio de Pádua Dias; **Tratado de Physica** (1928), de Raul Romano; **Tratado de Física elementar** (1925), de Francisco Ribeiro Nobre; e **Curso de Physica** (1936), de Aníbal Freitas. Na perspectiva de caracterizar o ensino de física moderna no período, com base na leitura exaustiva do material e dos referências utilizados, foi possível construir quatro grandes categorias de análise: histórica, matemática, experimental e aplicativa tecnológica. Na categoria histórica, por exemplo, estão inseridos os elementos relacionados a descobertas e biografias dos cientistas. Foi possível notar que a ênfase nessa categoria é caracterizada pela priorização de fatos e uma história descritiva. A categoria matemática aparece marcada pelo uso de relações de grandeza e proporções, e não pelo predomínio do uso de equações que são comuns nos livros didáticos atuais. Já a categoria experimental caracteriza-se por uma série de apresentações de atividades práticas, as quais, muitas vezes, resumem-se à descrição procedimental acerca do uso de alguns aparelhos. Por último, a categoria aplicativa tecnológica foca na descrição de produtos da tecnologia da época, especialmente no uso das radiações na área médica, ressaltando seus benefícios. As categorias experimental e aplicativa tecnológica são as presentes nos livros didáticos analisados e parecem mostrar a forma como a física moderna era tratada no contexto educacional brasileiro do início do século XX, indicando uma tendência fortemente relacionada ao apelo da inserção de temas mais contemporâneos da ciência e com conteúdos direcionados à aplicação tecnológica. Desta pesquisa identificamos três questões principais, que podem promover à sua continuidade. A primeira trata da pequena expressividade de trabalhos desta natureza, que no Brasil passaram a ser mais frequentes a partir da década de 1990. A segunda ressalta a ausência de conteúdos mais acadêmicos nos livros didáticos analisados (como a Radiação de corpo negro e a Quantização de energia, temas contemporâneos à época). Por último, indagamos sobre a influência francesa no sistema educacional brasileiro, tanto nos modelos de instituições escolares criados no nosso país, como também nos livros didáticos recomendados. Questionamos se essa influência francesa foi percebida apenas no Brasil ou se também pôde ser observada em outros países.

Palavras-chave: Livro didático, Física moderna, Currículo, História do ensino de Física, História da educação.

Abstract

The textbook, even with all digital resources available, has a major role in the Brazilian basic education, either because of their broad access to students and teachers, either because of their presence in the history of our education. As a research resource, this material has attracted increasing interest of researchers who analyze it from different aspects. We examined the textbook as a historical documentary source and our objective was to study the insertion of content in modern physics Physics textbooks from the early twentieth century. We analyzed five Physics textbooks: *Traité élémentaire de Physique* (1918), of Albert Ganot; *Curso elementar de Physica* (1920), of Antônio de Pádua Dias; *Tratado de Physica* (1928), of Raul Romano; *Tratado de Física elementar* (1925), of Francisco Ribeiro Nobre; and *Curso de Physica* (1936), of Aníbal Freitas. From the perspective of characterizing the teaching of modern physics in the period, based on extensive reading of materials and references used, it was possible to build four broad categories of analysis: historical, mathematical, experimental and applicative technology. In the historical category, for example, are inserted elements related to discoveries and biographies of scientists. We observed that the emphasis in this category is characterized by prioritizing facts and a descriptive story. The math category appears marked by the use of ratios and proportions greatness, and not by the prevalence of the use of equations that are common in today's textbooks. Already the experimental category is characterized by a series of presentations from practical activities, which often boil down to the procedural description about the use of some appliances. Finally, technological applicational category focuses on the description of the technology of the time products, especially in the use of radiation in medicine, emphasizing its benefits. The experimental applicative and technological categories are present in the textbooks analyzed and seem to show how modern physics was treated in the Brazilian educational context of the early twentieth century, indicating a trend appeal strongly related to the insertion of more contemporary issues of science and with content targeted to technological application. This research identified three main issues, which can promote its continuity. The first deals with the expressiveness of small works of this nature, in which Brazil became more frequent from the 1990s The second highlights the absence of more academic content in the textbooks analyzed (such as black body radiation and the quantization energy, contemporary at the time) themes. Lastly, inquire about the French influence in the Brazilian educational system, both the models of educational institutions created in our country, as well as the recommended textbooks. We question whether this French influence was seen only in Brazil or could also be observed in other countries.

Key words: Textbook, Modern Physics, Curriculum, History of Physical Education, History of Education.

Sumário

Apresentação	10
Introdução	13
i. Um resgate do projeto de pesquisa	13
ii. Objetivos	15
iii. A pesquisa e suas etapas	15
Capítulo 1 – O livro didático como fonte de pesquisa histórica: o caso do ensino de Física	18
1.1. As funções atribuídas aos livros didáticos de acordo com Choppin ...	19
1.2. As pesquisas em livros didáticos de Física: um olhar sob a perspectiva histórica.....	23
1.3. A classificação dos trabalhos: das categorias às funções atribuídas aos livros didáticos.....	31
Capítulo 2 – O Colégio Pedro II e os primórdios do ensino de Física no Brasil	34
2.1. O Colégio Pedro II e os currículos da área de Ciências	34
2.2. A disciplina de Física no programa curricular do Colégio Pedro II	39
2.3. A física moderna no currículo do Colégio Pedro II	42
Capítulo 3 – Os livros didáticos: levantamento e análise	45
3.1. Escolha e localização dos livros	45
3.1.1. Os livros	45
3.1.2. Os acervos	46
3.2. Características gerais dos livros didáticos: autores, editoras e estrutura.....	48
3.2.1. Os autores e as editoras	48
3.2.2. A estrutura.....	49
3.3. A construção das categorias de análise	50
Capítulo 4 – A física moderna nos livros didáticos	53
4.1. Os conteúdos	53
4.2. A categoria histórica.....	56
4.3. A categoria matemática	59
4.4. A categoria experimental.....	65
4.5. A categoria aplicativa tecnológica	69
4.2. Considerações gerais sobre a análise.....	72
Considerações finais.....	75
Referências	82
Bibliografia dos Livros Didáticos Analisados.....	90

Apresentação

A minha trajetória no ensino de Física iniciou-se em 2006, ano em que ingressei no curso de Licenciatura em Física da USP. Antes disso, meu interesse pela Física começou no final do ensino médio, estimulado por um professor de Física que despertou meu interesse para o assunto – o estudo da natureza.

Como a natureza pode ser estudada de diversas formas, talvez caiba ressaltar por que a Física se apresentou para mim de uma forma tão especial. A busca por uma estrutura que descreve a natureza em termos matemáticos, que investiga desde o universo microscópico ao macroscópico, foi o que mais me impressionou. Assim, ingressei no curso de licenciatura em Física maravilhada com essa nova forma de estudar o Universo.

No decorrer da minha graduação, fui conhecendo não apenas essa nova forma de ensinar a Física, mas principalmente uma área de pesquisa que se concentrava em como ensiná-la. Afinal de contas, é preciso estimular o interesse dos jovens pela Física (mas não só da Física, é claro). Então, foi no terceiro ano do curso, ao iniciar meus estudos nas disciplinas específicas da licenciatura, que conheci a área de pesquisa em ensino de Física.

Questões que outrora havia pensado apenas como estudante do ensino médio (particularmente as que tratavam do ensino da Física, como por que no momento era um ensino centrado basicamente na utilização de equações) passaram a ser pensadas e discutidas no âmbito da formação de professores que seriam responsáveis por lecionar tais conteúdos.

Alguns temas naturalmente me interessavam mais que outros. Foi o que aconteceu com o tema dos livros didáticos. Acredito que esse interesse em particular também é fruto da minha trajetória escolar, pois os livros didáticos, principalmente os de Física, tiveram um papel importante.

Na pesquisa, a relação entre os conteúdos presentes no livro didático de ensino médio e aqueles estudados no curso superior despertaram minha atenção. No início, pensava que se tratava simplesmente de uma adaptação dos temas de pesquisa em Física desenvolvidos ao longo da história para uma linguagem que

atendesse de forma mais adequada aos objetivos do ensino básico, ou seja, cumprir os objetivos educacionais de cada época a fim de realizar uma transposição de conteúdos.

Embora sempre tenha considerado que o livro didático possui importância não apenas no ensino de Física, mas na educação básica, foi apenas depois de estudar disciplinas como “Propostas e projetos para o ensino de Física” e “Produção de material didático” que comecei a compreender outro aspecto da construção do livro didático, que é a relação que este possui com a ciência a qual se refere.

No final do curso de licenciatura, desenvolvi uma monografia que teve como objeto de pesquisa a análise dos livros didáticos de Física aprovados no Programa Nacional do Livro de Ensino Médio (PNLEM, 2009), atual PNLD (Programa Nacional do Livro Didático), para o tema da física moderna e contemporânea.

Diante de um grande universo a ser desvendado, a pesquisa na área de livros didáticos de Física ainda me instigou a continuar uma longa jornada, por isso embarquei neste novo desafio, agora no mestrado.

Com o tempo, as conversas e as leituras, fui compreendendo que o livro didático não é um produto de configuração simples (hoje, trabalhando numa editora que atua no segmento de livros didáticos, vejo que não há mesmo nada de simples nisso). As etapas que envolvem sua produção dependem de inúmeros fatores, muito deles alheios à própria estrutura da disciplina a que se destina, como as políticas públicas educacionais, os interesses editoriais, autorais, entre outros.

No universo da pesquisa, o livro didático é um material que pode ser explorado como fonte de pesquisa em contextos diferentes, como já apontado por Wu (2003) e Choppin (2004). Na sala de aula aparece, sem dúvida, como elemento fundamental no processo de ensino e aprendizagem, especialmente com o amplo acesso em todas as séries da educação básica, para todas as disciplinas, após a criação do PNLD.

No que se refere aos enfoques possíveis em uma pesquisa de livro didático, o que mais me chama a atenção é aquele que o considera como parte da cultura escolar. Ao analisar esse material ao longo do tempo, ele é capaz de nos fornecer

informações valiosas sobre a história da disciplina a que ele se refere e também aos aspectos da cultura escolar no período em que ele foi concebido.

No caso de temas relacionados à física moderna, por exemplo, os livros didáticos parecem apresentar aspectos interessantes. Ao analisar livros didáticos do início do século XX, é possível perceber a presença de temas como os Raios X e a Radioatividade. Esses temas, fruto das pesquisas em Física a partir do final do século XIX, hoje se configuram como temas percurssores da física moderna. O exame de livros didáticos desse período pode nos permitir apresentar alguns aspectos do início do ensino da física moderna no Brasil.

A física moderna tem sido um tema muito discutido na área de ensino de Física (TERRAZZAN, 1992; PIETROCOLA; OFUGI, 1999; OSTERMANN, 2000; REZENDE JUNIOR, 2001). Os pesquisadores em ensino de Física parecem estar todos conscientes da importância da inserção desse tema no ensino básico, no entanto o maior foco estabelecido hoje entre as pesquisas são respostas de como fazê-lo (KARAM; PIETROCOLA; 2008; VALENTE, 2009). Olhar para o início da inclusão desse tema no ensino de Física pode trazer elementos interessantes que contribuam com essas pesquisas.

O desafio deste trabalho reside nas múltiplas áreas em que ele se insere, uma vez que será preciso olhar para o livro didático, para o ensino de Física e também para a própria Física.

A história da disciplina de Física pode trazer elementos sobre a consolidação dessa disciplina no Brasil e de que maneira os livros didáticos fazem parte dessa história. Já a história da Física pode fornecer elementos para melhor compreensão a respeito dos temas da física moderna que foram inseridos no ensino de Física da educação básica.

Sendo assim, faz parte da ousadia deste trabalho tentar resgatar os conhecimentos físicos relacionados à física moderna do início do século XX e articulá-los ao início da inserção desse tema na educação básica brasileira por meio da análise de livros didáticos desse período.

Introdução

i. Um resgate do projeto de pesquisa

Um projeto é um caminho, um guia, que nos permite alcançar um fim, um objetivo. Iniciamos nossa discussão com uma breve retomada do nosso projeto de pesquisa a fim de delinear as etapas da construção deste trabalho.

Nosso projeto de pesquisa inicial foi desenvolvido no início de 2011 e tinha por principal objetivo analisar a relação entre currículo e cultura por meio dos currículos dos cursos de graduação de licenciatura em Física.

Durante o primeiro semestre de 2011, concentramo-nos em investigar as principais abordagens do conceito de cultura. Como fruto desta pesquisa, verificamos a multiplicidade que o conceito de cultura possui. O objetivo dessa etapa era optar por um que fosse mais adequado para a análise dos currículos do curso de licenciatura.

Nessa etapa, deparamo-nos com o conceito de *cultura escolar* explorado especialmente por Snyders (1988), Apple (1989) e Forquim (1993). Uma vez que o enfoque passou a ser a cultura escolar, isso resultou numa mudança de projeto, então a análise deixou de ter como foco a formação de professores e passou para os aspectos da cultura na escola básica por meio de seus currículos.

A relação entre educação e cultura expressa por esses autores, em especial a proposta de Forquim (1993), busca investigar quais aspectos da cultura vivida pela humanidade devem estar presentes nos currículos das escolas. Assim, após analisar as possíveis maneiras de investigar a cultura escolar (alunos, professores, comunidade na qual a escola está inserida, materiais utilizados etc.), optamos por realizar uma pesquisa sobre a cultura escolar mediada pelos livros didáticos, um dos principais materiais utilizados no universo escolar.

Com esse desenvolvimento, chegamos ao projeto atual, elaborado entre outubro de 2011 e janeiro de 2012, com o título: **O ensino da física moderna nos livros didáticos do início do século XX.**

A Física, na virada do século XIX para o XX, passava por diversas transformações, que mais tarde se tornaram o que hoje nomeamos por física moderna. Ao estudar livros didáticos publicados no início do século XX, verificamos que parte dessa física moderna, iniciada no final do século XIX, já estava presente em livros didáticos do começo do século XX.

Percebemos que, nas primeiras décadas do século XX, conteúdos de pesquisas em Física já apareciam nos livros didáticos, diferentemente do que ressaltaram algumas pesquisas da área de ensino de Física que traziam argumentos para a inserção desse tema nos livros didáticos e no currículo da escola média (TERRAZZAN, 1992; OSTERMANN, 2000). Estudar a forma de inserção dos conteúdos de física moderna nos livros didáticos pode nos trazer informações importantes sobre a própria configuração do ensino de Física. E pesquisas dessa natureza não foram sempre tão comuns na área de educação.

Notamos que, se até o início dos anos 1980 esse era um tema negligenciado por parte dos pesquisadores (CHOPPIN, 2004), houve, a partir dessa década, um aumento expressivo de trabalhos de diversas áreas disciplinares como fonte de pesquisa principal o livro didático (FRACALANZA, 1992; CHOPPIN, 2004).

De acordo com Bittencourt (2003), o crescimento de pesquisa na história das disciplinas que se utiliza do livro didático como fonte documental está relacionado ao processo das mudanças curriculares ocorridas a partir da década de 1970, época em que a escola passou a ser vista como espaço de produção do saber, e não apenas como local de reprodução do conhecimento. Nesse contexto, a escola passou a ser uma referência fundamental para compreender a história da educação e os livros, um meio de acessar parte dessa história (BITTENCOURT, 2003).

Já para o ensino de Ciências e para o de Física no Brasil, houve um aumento considerável de pesquisas que analisaram livros didáticos (FRACALANZA, 1992; HOSOUME *et al.*, 2011), especialmente após a criação dos programas de avaliação de livros didáticos (atual Programa Nacional do Livro Didático).

Em um universo de abordagens possíveis que o livro didático pode ser estudado, um que vem ganhando força é o que o utiliza como material histórico, como fonte para estudar a história de uma disciplina.

Nesse contexto, o livro didático é um artefato cultural que reflete a história da disciplina de determinado período, ou seja, ele é entendido como um material de fonte de pesquisa, uma vez que expõe elementos de um currículo da disciplina a qual se destina. Ao mesmo tempo, o livro didático é um produto social que possui e reflete influências culturais e políticas, ou seja, ele reflete uma realidade cultural dos modelos de escolas que o utilizam (APPLE, 1989; FORQUIM, 1993).

Ao olhar para o livro didático numa perspectiva histórica, é possível compreender que esse material apresenta outras características que estão além de entendê-lo apenas como um meio, mas como um integrante do processo de ensino-aprendizagem.

ii. Objetivos

Uma vez expostos os aspectos que delinearam a construção do projeto de pesquisa, torna-se necessário delimitar a pergunta de pesquisa que o norteia, ou seja, expor nosso problema de pesquisa.

O nosso problema de pesquisa é apresentar, analisar e discutir as características dos conteúdos de física moderna em livros didáticos dessa disciplina do início do século XX. Esse período foi escolhido por representar a época de inserção desse tema no currículo da educação básica brasileira.

Este trabalho tem, portanto, a seguinte pergunta de pesquisa:

Quais as principais características dos conteúdos de física moderna em livros didáticos de Física do início do século XX?

Com o objetivo de responder a essa questão de pesquisa, apresentamos a seguir a metodologia em cada um dos capítulos que compõem este trabalho.

iii. A pesquisa e suas etapas

A estrutura desta dissertação está desenvolvida em três capítulos, cada um deles com uma metodologia de pesquisa específica e mais das considerações finais.

O capítulo 1 é dedicado ao livro didático como fonte de pesquisa. Apresentamos de forma breve a concepção de Choppin (2004) sobre as funções atribuídas aos livros didáticos. Realizamos uma revisão bibliográfica em teses, dissertações e artigos de simpósios e revistas sobre a análise de livros didáticos de Física que tenham considerado o livro como fonte documental.

O intuito desse primeiro capítulo é situar a pesquisa dentro das já existentes, categorizando os trabalhos selecionados na perspectiva das funções do livro didático desenvolvidas por Choppin (2004) e também situar o nosso próprio trabalho.

O capítulo 2 inicia com alguns aspectos da história do ensino da Física no Brasil, no qual destacamos como marco importante na própria história da educação brasileira o surgimento do Colégio Pedro II. Utilizando o trabalho desenvolvido por Vechia e Lorenz (1998), realizamos uma breve análise da disciplina de Física no programa curricular do colégio no período de 1850 a 1951. Conseguimos identificar diversas informações na análise dos programas curriculares, em particular no ano em que se inicia a inserção de conteúdos classificados por nós como física moderna e os livros didáticos sugeridos.

O capítulo 3 trata da metodologia de pesquisa dos livros didáticos analisados e está estruturado em duas partes. Na primeira parte, trazemos o processo de escolha dos livros didáticos realizado em duas etapas: a primeira etapa partiu dos livros didáticos recomendados nos programas curriculares do Colégio Pedro II; e a segunda foi baseada nas referências de pesquisas da área obtidas no capítulo 1.

A segunda parte do capítulo 3 aborda a construção das categorias de análise feita com base nas características comuns das obras identificadas durante o exame dos conteúdos de física moderna. Essas categorias, a saber histórica, matemática, experimental e aplicativa tecnológica, foram construídas e modificadas em diversos momentos deste trabalho, ou seja, não foram determinadas inicialmente, e sim construídas a partir da análise exaustiva do material.

O capítulo 4 traz a análise dos livros didáticos. Primeiramente apresentamos os conteúdos de física moderna presentes nos programas curriculares do Colégio Pedro II. Depois apresentamos os conteúdos de física moderna em cada um dos livros analisados. Por fim, apresentamos os trechos dos conteúdos de física

moderna que ilustram cada uma das categorias construídas. Ao final de cada uma delas, fazemos um breve resumo dos resultados.

Nas considerações finais, apresentamos algumas reflexões dos resultados obtidos na análise e ainda questionamentos sobre possíveis continuações desta pesquisa.

Capítulo 1 – O livro didático como fonte de pesquisa histórica: o caso do ensino de Física

Os livros didáticos representam um dos principais veículos de mediação do conhecimento na escola média (LAJOLO, 1996) e são considerados um instrumento essencial no processo de escolarização (BITTENCOURT, 2004b). No Brasil, um país onde os recursos destinados à educação ainda são escassos, especialmente nas áreas afastadas dos grandes centros, muitas vezes o livro didático é o único recurso educacional disponível para professores e alunos (LAJOLO, 1996).

O livro didático, ao assumir tamanha importância no cenário educacional, incorpora ênfases distintas nas pesquisas que o utilizam como objeto de estudo, seja analisando-o como um produto cultural, mercadoria e veículo de transmissão de conhecimento, seja ainda como um propagador de costumes e valores (BITTENCOURT, 2004b).

Para Choppin (2004), o livro didático existe em múltiplas faces, pois ele está articulado com os programas oficiais, podendo ser compreendido como um currículo real, um instrumento de ensino e aprendizagem, um veículo de propagação da cultura e da língua ou como um documento (CHOPPIN, 2002; 2004).

Bittencourt (2003) ressalta a importância da pesquisa em história das disciplinas escolares como uma das maneiras de compreender as mudanças curriculares e, ainda, entender a relação entre os campos epistemológico e cultural, da qual emerge uma disciplina.

Wuo (2003), por exemplo, comenta sobre a necessidade de ampliar as pesquisas em ensino de Física nessa área, as quais poderiam assumir focos diferentes, tanto do ponto de vista histórico como do saber escolar transmitido pelo livro.

É nesse contexto que emerge a nossa pesquisa. Ciente da importância do livro didático no cenário educacional, nosso objetivo é analisar livros didáticos de Física do começo do século XX, em especial os temas relacionados à física moderna, uma vez que o nosso foco de pesquisa é de natureza histórica.

Para tanto, é preciso inicialmente contextualizar o que já foi feito de pesquisas com essa temática. Neste capítulo, apresentamos uma revisão bibliográfica de teses, dissertações e artigos que realizaram análises de livros didáticos de Física com base em uma perspectiva histórica.

1.1. As funções atribuídas aos livros didáticos de acordo com Choppin

A importância que o livro didático possui na educação básica não é algo recente. O primeiro decreto que abordou esse tema foi de 1938. Trata-se do Decreto-lei nº 1.006, de 30 de dezembro de 1938, que apresentou a primeira definição de livro didático: são classificados como livros didáticos os materiais que contenham parte ou todo o conteúdo das disciplinas presentes nos programas escolares (FREITAG; MOTTA; COSTA, 1987).

A avaliação, a escolha e a compra dos livros didáticos eram de responsabilidade do governo federal desde 1938, quando foi criada a primeira Comissão Nacional do Livro Didático (FREITAG; MOTTA; COSTA, 1987). Um marco importante desse processo foi a escolha dos livros didáticos pelos professores, fato que só começou em 1985, com o Decreto nº 91.542, de 19 de agosto de 1985, que deu origem ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), atendendo inicialmente estudantes do ensino fundamental.

A adoção de livros didáticos para o ensino médio só ocorreu em 2004, com a Resolução de nº 38, do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), que criou o então Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). Inicialmente, foi atendido 1 milhão de estudantes da 1ª série do ensino médio das regiões Norte e Nordeste do Brasil. As demais regiões foram incorporadas no ano de 2005. Atualmente nomeado Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), atende todas as disciplinas e séries da educação básica. A disciplina de Física foi inserida no programa apenas em 2009, e, na sua última edição, que entrará em vigor em 2015, conta com 14 livros didáticos de Física aprovados.

A criação do PNLD possibilitou que fosse garantido a professores e estudantes o acesso aos livros didáticos. Coube ainda pelas exigências do programa, as quais se modificam a cada edição, requerer a melhora na qualidade dos livros destinados à educação básica.

Um dos motivos da tamanha importância dos livros didáticos na educação básica, já apontado por alguns pesquisadores, é a correspondência entre os cursos desenvolvidos pelos professores nas escolas médias e a forma com que a disciplina é apresentada nos livros, ou seja, o livro didático é como um guia, uma referência para o trabalho docente na sala de aula (WUO, 2003).

Em muitas ocasiões, por ser atribuído ao livro didático um caráter curricular, pesquisadores, a partir da década de 1970, perceberam o potencial dele como fonte documental (COIMBRA, 2007). Na área de pesquisa em ensino de Física, após a inclusão dessa disciplina no PNLD, notou-se um aumento considerável de trabalhos que utilizam o livro didático como fonte de dados.

Compreender os livros didáticos usados nas escolas em certos períodos pode nos ajudar a refletir sobre o momento histórico em que se encontrava a educação brasileira, além de esboçar alguns comentários sobre o ensino da Física na época.

Martins e Hosoume (2007, p. 3) ressaltam a importância de compreender o livro didático em sua complexidade não apenas como um mero instrumento que atua na mediação da prática pedagógica, mas “[...] também como representante do conhecimento de um momento da história”.

Hosoume et al. (2011) destacam que boa parte das pesquisas acadêmicas na área de ensino de Física que trata da análise de livros didáticos realiza trabalhos de conteúdos disciplinares e, em número menos expressivo, utiliza o livro didático para estudar ou compreender a história do ensino de Física no Brasil.

De forma mais geral, no contexto das diversas disciplinas escolares, Côrrea (2000) discute que o livro didático é um meio de transportar, para o universo escolar, parte do conhecimento produzido pela humanidade ao longo da história. Além disso, de acordo com o período histórico, “[...] esse tipo de material pode ser considerado

como o portador supremo do currículo escolar no que tange aos conhecimentos que eram transmitidos nas diferentes áreas” (CÔRREA, 2000, p. 13).

De forma semelhante, Cassab (2010) ressalta que a história das disciplinas escolares investiga as transformações ocorridas em uma disciplina ao longo do tempo, buscando identificar principalmente as mudanças que aconteceram nos conteúdos disciplinares que resultaram na permanência ou na ausência nos currículos escolares de parte do conhecimento produzido.

Assim, a importância de compreender o livro didático é ampliada, uma vez que ele não realiza apenas um papel de mero coadjuvante no processo de ensino-aprendizagem, mas se constituiu em um material que revela elementos de um currículo desenvolvido em um dado momento histórico, com influências sociais, culturais e políticas. Dessa maneira, o livro didático reflete uma realidade cultural dos modelos de escolas que o utilizam (APPLE, 1989; FORQUIM, 1993).

Choppin (2004) destaca que as pesquisas históricas que têm como fonte os livros didáticos podem ser agrupadas em duas grandes categorias. A primeira considera o livro didático apenas como um documento histórico e pode, por exemplo, analisar os conteúdos presentes nele; a segunda não se interessa exclusivamente pelos conteúdos, pois considera o livro didático como um produto que existe em um determinado contexto.

O autor destaca ainda que os livros didáticos assumem uma multiplicidade de funções, que, no contexto escolar, podem variar desde o ambiente sociocultural a que foram destinados na época de sua constituição às disciplinas que abordam, aos níveis de ensino em que atuam, até mesmo aos métodos e às suas formas de utilização (CHOPPIN, 2004).

Diante dessa multiplicidade de usos, Choppin (2004) atribui, quatro funções essenciais que os livros didáticos podem exercer: a referencial, a instrumental, a ideológica e cultural e a documental. Essas funções podem ser percebidas de forma isolada ou conjuntamente nos livros didáticos e são frutos de suas pesquisas teóricas sobre o tema ao longo de mais de duas décadas de trabalho.

A função referencial pode ser chamada de função curricular, pois atrela o livro didático ao programa de ensino: “[...] o livro didático é então apenas a fiel tradução do programa ou quando se exerce o livre jogo da concorrência, uma de suas possíveis interpretações [...]” (CHOPPIN, 2004, p. 553). Nesse contexto, o livro assume um papel de protagonista do conhecimento que deve ser transmitido às demais gerações.

A função instrumental considera o livro didático como um instrumento de aprendizagem: “[...] propõem exercícios ou atividades que, segundo o contexto, visam a facilitar a memorização dos conhecimentos, favorecer a aquisição de competências [...] etc.” (CHOPPIN, 2004, p. 553).

Uma função complementar a essa é a função ideológica e cultural, pois ela também considera o livro didático como um instrumento, porém, mais que apenas um meio, ele se trata de um material privilegiado que reflete aspectos da sociedade em que foi concebido. Essa função foi desenvolvida a partir do século XIX e considera o livro didático como um dos elementos fundamentais da língua, da cultura e dos valores das classes dominantes (CHOPPIN, 2004).

A última é a função documental, que considera o livro didático um meio potencializador, pois se acredita que por meio dele é possível atuar na perspectiva crítica e no espírito crítico do aluno, desenvolvendo-o.

Choppin (2004) comenta que o livro didático não desempenha necessariamente uma única função e que, em geral, as pesquisas na área de livros didáticos têm como enfoques principais uma ou mais funções. Enquanto as pesquisas mais antigas sobre livro didático estavam concentradas na análise de seus conteúdos, sua forma de organização, o papel que ele desempenhava no ensino da disciplina, entre outros, as pesquisas mais recentes estão relacionadas à forma de produção do livro didático, tais como etapas de criação, distribuição e forma de consumo, ou seja, seu uso por parte dos alunos e professores (CHOPPIN, 2004).

Consideramos nossa pesquisa como uma pesquisa histórica, que compreende o livro didático como um artefato da própria história do conhecimento

escolar. No próximo item, apresentamos uma breve revisão bibliográfica sobre trabalhos da área de ensino de Física que tenham esse mesmo contexto.

1.2. As pesquisas em livros didáticos de Física: um olhar sob a perspectiva histórica

Para obter um panorama das pesquisas sobre livros didáticos de Física, procuramos trabalhos que tenham realizado análise de livros didáticos de Física numa perspectiva histórica. Para isso, selecionamos aqueles que pesquisaram conteúdos de Física ao longo do tempo ou que tenham analisado livros de Física que foram publicados ao longo de um período, ou seja, trabalhos em que a natureza histórica estava presente. Consideramos três campos de busca: artigos publicados em congressos, simpósios e encontros; artigos publicados em periódicos; e teses e dissertações. A busca e a localização foram realizadas com base na publicação *on-line* desses materiais.

Para localizar artigos em congressos científicos da área de educação, foram escolhidos quatro eventos: o **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**, o **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF**, o **Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF** e o **Simpósio Internacional Livro Didático: Educação e História**, promovido pelo Centro de Memória da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

A escolha dos congressos refere-se à importância que eles possuem como divulgadores das pesquisas produzidas no ensino de Física no Brasil, principalmente nos casos do EPEF e do SNEF. O ENPEC reuniu boa parte da pesquisa desenvolvida na área de ensino de Ciências, enquanto o Simpósio Internacional abrangeu diversos trabalhos que tiveram o livro didático como fonte de pesquisa, tendo sido necessário filtrar os da área de Física.

Quanto aos periódicos, pesquisamos as seguintes publicações: **Revista Brasileira de História da Educação**, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, **Ciência e Educação**, **Ciência e Ensino**,

Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências e Investigações em Ensino de Ciências.

O **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** e a **Revista Brasileira de Ensino de Física** estão entre os periódicos mais importantes da área de pesquisa em ensino de Física no Brasil, sendo protagonistas na área. As revistas **Ciência e Educação**, **Ciência e Ensino**, **Ensaio** e **Investigações em Ensino de Ciências** estão entre as principais divulgadoras da pesquisa desenvolvida no ensino de Ciências atualmente. Já a **Revista Brasileira de História da Educação** apresenta diversos trabalhos de história da educação, e, em muitos casos, um meio de estudá-la é por meio de materiais didáticos, em especial o livro didático.

É importante destacar que a escolha dos congressos e das revistas também atende à questão do tempo de publicação, sendo que muitos começaram suas atividades ainda na década de 1970, o que constitui em um acervo muito maior. As teses e dissertações foram localizadas no *site* da Capes no período de 1987 a 2010.

Os critérios para escolha de trabalhos foram a seleção de textos que realizavam a análise de livros didáticos de Física como tema principal (escolhidos com base no título e resumo) e que contavam com períodos de análise dos séculos XIX e XX.

Para isso, consideramos inicialmente o título do trabalho e as palavras-chave. Selecionamos aqueles trabalhos que continham como referência as seguintes palavras ou frases: “livro didático”, “manual didático”, “Física”, “Ciência”, “história do ensino de Física” e “história da educação”.

Depois foi realizada uma triagem dos trabalhos selecionados com base em seus resumos e selecionados apenas aqueles que consideraram o livro didático como um documento histórico e que o utilizaram para estudar a evolução de um conceito de Física ao longo do tempo, a história do ensino da disciplina ou, ainda, a história da educação.

O quadro 1.1, a seguir, apresenta uma sistematização dos artigos localizados nos congressos, simpósios e periódicos da área:

Quadro 1.1: Artigos analisados, períodos pesquisados e total de trabalhos localizados

Congresso, simpósio ou periódico	Período	Número de artigos
ENPEC	2001 a 2011	2
EPEF	2002 a 2012	2
SNEF	2003 a 2013	-
Simpósio Internacional Livro Didático	2007	3
Revista Brasileira de História da Educação	2001 a 2009	-
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	1984 a 2011	-
Revista Brasileira de Ensino de Física	1979 a 2012	2 ¹
Ciência e Educação	1998 a 2011	-
Ciência e Ensino	1996 a 2008	-
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	1999 a 2011	-
Investigações em Ensino de Ciências	1996 a 2012	1
	TOTAL	10

A busca por trabalhos de teses e dissertações resultou em quatro trabalhos, todos de mestrado.

¹ Estes são os trabalhos de Almeida Junior (1979, 1980), que apresentou diversas características da evolução do ensino de Física no Brasil, desde o ensino dos jesuítas até o período Republicano. Nesses dois trabalhos, o autor discute a presença do ensino de Física ao longo da história, desde o tímido interesse nas aulas-régias, no período dos jesuítas e colonial, até a criação dos primeiros colégios, com a inserção das cadeiras de Ciências Naturais (que incluía conteúdos de Física), até a consolidação da Física como disciplina (no então ensino secundário, que ocorreu em meados de 1920).

Quadro 1.2: Dissertações

Título	Autor	Ano
A física e os livros: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio ²	WUO, W.	2000
História do ensino de física no Colégio Pedro II de 1838 até 1925	SAMPAIO, G. M. D.	2004
O conteúdo de cinemática nos livros didáticos de 1810 a 1930	NICIOLI JUNIOR, R. B.	2007
Livros didáticos de física nas primeiras décadas do século XX: estudo preliminar sobre concepções de ciência e ensino	FLORES, I. E.	2010

O próximo quadro (1.3) expõe uma sistematização das pesquisas apontadas, organizadas pelo ano de publicação. Neste quadro, apresentamos o(s) autor(es) e o título do trabalho, forma e ano de publicação.

Quadro 1.3: Pesquisas selecionadas abordando a temática livros didáticos de Física e pesquisa histórica

Ano	Autor(es) e título	Publicação
2000	WUO, W. A física e os livros: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio	Dissertação de mestrado – PUC-SP
2004	SAMPAIO, G. M. D. A história do ensino de física no Colégio Pedro II de 1838 até 1925	Dissertação de mestrado – UFRJ
2007	NICIOLI JUNIOR, R. B. O conteúdo de cinemática nos livros didáticos de 1810 a 1930	Dissertação de mestrado – USP
2007a	NICIOLI JUNIOR, R. B.; MATTOS, C. R. A disciplina física no ensino secundário entre os anos de 1810 e 1930	ENPEC
2007	SAMPAIO, G. M. D.; DOSSANTOS, N. P. Os livros didáticos de Física e química nos primeiros dezoito anos do Colégio Pedro II (1838-1856)	ENPEC
2007	LORENZ, K. M. Relatório do projeto: os livros didáticos de ciências para o ensino secundário brasileiro do século XIX	Simpósio internacional livro didático
2007b	NICIOLI JUNIOR, R. B.; MATTOS, C. Os livros didáticos de física do século XIX até a década de 1930	Simpósio internacional livro

² A dissertação de Wuó é de 1999, entretanto conseguimos acesso apenas ao livro que ele escreveu a partir de sua dissertação, do ano 2000.

		didático
2007	SAMPAIO, G. M. D. Obra rara de física no ensino brasileiro	Simpósio internacional livro didático
2008	ERROBIDART, N. C. G.; GOBARA, S.; JARDIM, M. I. A. Conceito de ondas sonoras em livros didáticos do ensino secundário brasileiro de 1927 a 1959.	EPEF
2008	NICOLI JUNIOR, R. B.; MATTOS, C. A disciplina e o conteúdo de cinemática nos livros didáticos de Física do Brasil (1801 a 1930)	Investigações em Ensino de Ciências
2010	FLORES, I. E. Livros didáticos de física nas primeiras décadas do século xx: estudo preliminar sobre concepções de ciência e ensino	Dissertação de mestrado – PUC-SP
2012	BANDEIRA FILHO, F.; MARTINS, M. I. Exemplos e exercícios resolvidos em livros didáticos de física representativos do século XX	EPEF

De acordo com o quadro 1.3, a pesquisa por trabalhos que analisaram os livros didáticos resultou em 12 publicações de formas distintas. Muito embora o universo de pesquisa tenha sido grande, o número de pesquisadores resultantes é pequeno: 12 trabalhos ao todo, sendo 4 deles de um mesmo autor. A seguir apresentamos um panorama dessas pesquisas.

Em seus trabalhos de pesquisa, Wu (2000), Sampaio (2004), Nicioli Junior (2007) e Flores (2010) realizaram análises de livros didáticos de Física em momentos distintos e de diferentes conteúdos. Wu (2000) estudou os conteúdos de Mecânica em livros didáticos do início e do fim do século XX. Nicioli Junior (2007) analisou o tema da Cinemática no período de 1810 a 1930. Já Flores (2010) utilizou diversos livros das primeiras décadas do século XX, investigando desde a relação de pensamento científico ao pensamento filosófico, com foco no conteúdo Calor.

Wu (2000) analisou 24 livros do final do século XX e 15 livros publicados no início do século XXI. Criou diversas categorias (organização do conteúdo, dimensões técnicas, dimensão metodológica, entre outras), com o objetivo de classificar as obras em grupos que apresentassem as seguintes características: forma de organização (em três volumes, volume único), caráter inovador e tendências principais no texto (obras que apresentavam referências históricas, aplicações tecnológicas, elementos da Física com a vivência cotidiana). Em uma das suas conclusões, Wu (2000) discute que, nas obras mais recentes, há uma

tendência em considerar aspectos culturais, incluir dados da história da ciência e apresentar exemplos que relacionem a Física à vivência do cotidiano e às tecnologias atuais.

Nicioli Junior (2007) pesquisou conteúdos e a forma de abordagem da Cinemática em livros didáticos do período de 1801 a 1930. Para dar subsídios à discussão das diferentes abordagens que o tema da Cinemática apresenta nos livros didáticos do período analisado, o autor dialogou com outros aspectos, como a história das disciplinas escolares, a história da disciplina de Física no Brasil e a história do livro didático.

Nesse período, Nicioli Junior (2007) identificou a existência de quatro momentos distintos na forma da apresentação da Cinemática nos livros didáticos: no primeiro momento, no início do século XIX, há um predomínio da abordagem descritiva, baseada na filosofia natural; já na metade do século XIX, a abordagem descritiva passa a ser realizada por meio do uso de aparelhos e aparatos físicos; o terceiro momento é marcado por uma etapa de transição entre a descrição e a demonstração algébrica dos conceitos; já no último, que vai até as primeiras décadas do século XX, ocorre a algebrização do conteúdo da Cinemática.

Outros trabalhos desse mesmo autor (NICIOLI JUNIOR; MATTOS, 2007a – artigo do ENPEC; NICIOLI JUNIOR; MATTOS, 2007b – artigo do Simpósio Internacional Livro Didático; NICIOLI JUNIOR; MATTOS, 2008 – artigo do EPEF; NICIOLI JUNIOR; MATTOS, 2008 – publicação na revista **Investigações em Ensino de Ciências**) apresentam algumas variações do tema principal abordado em sua dissertação (NICIOLI JUNIOR, 2007) e trazem os resultados que já apresentamos anteriormente.

No caso dos trabalhos de Wuo (2000), Sampaio (2004) e Nicioli Junior (2007), a preocupação estava relacionada com a maneira de organização e sua respectiva presença no conteúdo adotada nos livros didáticos.

A preocupação com o tratamento dado ao conteúdo também é percebida na pesquisa de Errobidart, Gobara e Jardim (2008), que investigaram o tema de ondas sonoras em quatro livros didáticos dos anos de 1927, 1941, 1958 e 1959. Esses anos foram escolhidos por apresentar, de acordo com os autores, um período de

consolidação do ensino da Física no ensino secundário e da elaboração da primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LBD).

Errobidart, Gobara e Jardim (2008) escolheram livros didáticos que foram analisados nos trabalhos de Wu (2000) e Nicioli Junior (2007). A análise do conteúdo de Ondas sonoras mostrou que, em todos os livros, há um predomínio da abordagem teórica, com ênfase qualitativa. Os conteúdos são abordados de forma contextualizada, utilizando elementos do cotidiano dos alunos. Há ainda utilização de descrição dos experimentos, equipamentos, mas não há propostas de atividades experimentais (ERROBIDART; GOBARA; JARDIM, 2008).

Já Bandeira Filho e Martins (2012) investigaram os exercícios e exemplos em 33 livros didáticos de Física do século XX. Os aspectos considerados para a análise dos exemplos e exercícios foram: o tipo (como múltipla escolha, descritivo); a natureza (quantitativa ou qualitativa); a presença de elementos contextualizados e de caráter experimental.

Os autores destacaram que, ao longo do século XX, exemplos e exercícios dos livros didáticos de Física mudaram radicalmente, desde a quase inexistência no começo do século XX até a inclusão de elementos quantitativos, o uso de exercícios resolvidos, sobretudo no início da década de 1960, com a expansão dos cursos vestibulares (BANDEIRA FILHO; MARTINS, 2012).

De forma mais ampla, Sampaio (2004), em sua dissertação, apresenta a história do ensino de Física no Colégio Pedro II, no período de 1838 a 1925, e utiliza, para contar sobre o colégio, livros didáticos que foram recomendados em seus programas de ensino. A autora destaca dois momentos do ensino de Física para esse período. No primeiro (até 1869), predominou um ensino de Física que precedia da linguagem matemática. De 1870 a 1925, é considerado por ela o ensino enciclopédico da Física, que se destacou pelo uso da descrição de equipamentos e realização de experimentos. Sampaio (2004) pesquisou livros didáticos recomendados pelo programa curricular do Colégio Pedro II, como o ***Traité Élémentaire de Physique***, de Albert Ganot, obra francesa que foi indicada em vários programas desse colégio.

A pesquisa de Sampaio e Dossantos (2007) apresenta uma forma reduzida do seu trabalho de dissertação (SAMPAIO, 2004). Nesse artigo publicado nos anais do ENPEC de 2007, as autoras mostraram os livros didáticos usados na cadeira de Ciências Físicas (disciplinas de Física e Química), no período de 1838 a 1856, no Colégio Pedro II.

Novamente, as autoras destacam o uso de livros didáticos franceses (algo comum nesse período), a presença de conteúdos atuais à época (eletricidade, magnetismo e acústica) e ressaltam o fato de as disciplinas de Física e Química terem atuado de forma conjunta por muitos anos e de se consolidarem autonomamente apenas em meados da década de 1920 (SAMPAIO; DOSSANTOS, 2007).

Também é de Sampaio (2007) o artigo publicado no Simpósio Internacional Livro Didático. Nesse artigo, a autora apresenta características do que pode ser considerado o primeiro livro didático de Física de um autor brasileiro, Saturnino Soares de Meirelles. O livro é de 1856 e foi estruturado em lições que realizam a descrição de aparelhos relacionados aos fenômenos presentes no texto, mas sem utilizar-se de uma única fórmula (SAMPAIO, 2007).

Sampaio (2007) ainda apresenta elementos que, segundo ela, são valiosos nesse livro didático. Há experimentos simples, descrições de experimentos realizados por cientistas e debates sobre as limitações do conhecimento físico. Outro dado interessante é que a autora deixa claro que nesse tipo de análise é muito importante enxergar e compreender o livro didático na época em que ele foi desenvolvido, a qual é distinta da concepção atual que temos do ensino de Física, pois, naquele período, o livro didático de Física deveria conter “informações sobre os conteúdos, suas descobertas e aplicações, como uma ilustração” (SAMPAIO, 2007, p. 1565). Esse tipo de análise é fundamental para evitar anacronismos e conclusões com estruturas baseadas na perspectiva atual do ensino de Física.

Outra publicação do Simpósio Internacional Livro Didático é o trabalho de Lorenz (2007). Nesse artigo, foi apresentado um relatório do grupo de pesquisa em livros didáticos de Ciências, particularmente os livros adotados no Colégio Pedro II no século XIX. O grupo teve por objetivo estudar a correspondência entre os livros

didáticos recomendados no colégio e seus programas de ensino, bem como apresentar elementos dos textos dos livros didáticos e informações sobre autores das coleções. Lorenz (2007) também apontou a influência francesa nos livros didáticos e nos programas de ensino desenvolvidos.

Um fato importante que precisa ser ressaltado é a pouca representatividade de trabalhos que realizam uma pesquisa de natureza histórica sobre livros didáticos na disciplina de Física. Na nossa busca, de acordo com o quadro 1.3, localizamos apenas 12 trabalhos dessa temática.

Alguns pesquisadores justificam que, para a disciplina de Física, um dos motivos da ausência de mais trabalhos dessa natureza seja a tardia inclusão da disciplina de Física no ensino básico (ALMEIDA JUNIOR, 1979, 1980), que só se consolidou de forma efetiva no ensino secundário a partir da década de 1920 (NICIOLI JUNIOR, MATTOS; 2008, SAMPAIO, DOSSANTOS, 2007).

De acordo com Choppin (2004), outro problema que resulta nesse fato é a própria dificuldade de sistematizar uma área que, por tratar de tema muito amplo, pode ser analisada com diferentes enfoques, para diversas disciplinas e níveis de estudo.

1.3. A classificação dos trabalhos: das categorias às funções atribuídas aos livros didáticos

Ao selecionarmos os trabalhos para compor este capítulo de revisão bibliográfica, escolhemos aqueles que contemplam as duas grandes categorias apontadas por Choppin (2004): que tratam o livro didático como documento ou como produto. Entretanto, tais trabalhos possuem enfoques distintos na forma de realizar as pesquisas, que aqui escolhemos estruturar conforme as funções atribuídas aos livros didáticos, também desenvolvidas por Choppin (2004).

O quadro 1.4 a seguir, apresenta um breve resumo dessas funções:

Quadro 1.4: Síntese das funções atribuídas aos livros didáticos

Funções do livro didático	Características principais
1. Referencial	Caráter curricular, pois relaciona o livro didático ao programa de ensino.
2. Instrumental	O livro didático é um instrumento no processo de ensino-aprendizagem.
3. Ideológica e cultural	O livro didático possui um caráter ideológico e possui o papel de identidade de uma nação, pois é capaz de refletir aspectos da sociedade em que foi concebido.
4. Documental	O livro didático é um potencializador e pode atuar na formação do espírito crítico dos alunos.

(Fonte: CHOPPIN, 2004)

Diante da questão central desses trabalhos, que consideram o livro didático como fonte de pesquisa, identificamos que os trabalhos localizados no âmbito da nossa revisão bibliográfica estão relacionados às duas grandes categorias de pesquisa apontadas por Choppin (2004). De modo geral, esses trabalhos selecionados consideram o livro didático como documento capaz de apresentar diversas informações sobre a história do ensino da Física ou sobre a evolução de conteúdos específicos.

Após a leitura exaustiva dos trabalhos selecionados, foi possível classificá-los nas funções desenvolvidas por Choppin (2004). Para isso avaliamos o que os pesquisadores consideraram sobre o livro didático nas suas respectivas análises. Nossa intenção com essa classificação é apresentar elementos da natureza deste tipo de pesquisa, que analisa o livro didático como material histórico.

Os trabalhos classificados na **função referencial** apresentam análises de livros didáticos de diferentes épocas, mas sempre relacionados a escolas ou programas de ensino, especialmente aos programas de ensino do Colégio Pedro II (nos trabalhos de Wu, 2000; Sampaio, 2004; Sampaio e Dossantos, 2007; Lorenz, 2007 e Bandeira Filho e Martins, 2012). No caso dos trabalhos de Nicioli Junior, 2007 e Nicioli Junior e Mattos, 2007a; 2007b, os livros também foram localizados conforme os programas de ensino de liceus, escolas militares e politécnicas.

Na **função instrumental**, estão classificadas pesquisas que também possuem elementos da função referencial (é o caso do trabalho de Wu). São trabalhos que analisam temas específicos da Física ao longo do tempo (no caso de Wu, o tema Mecânica; no caso de Errobidart, Gobara e Jardim, o tema das Ondas Sonoras), mas que têm como objetivo principal estudar a forma como esses conceitos foram tratados ao longo do tempo, ou seja, a evolução de tais temas do ponto de vista pedagógico, no processo de ensino-aprendizagem.

Com os critérios que adotamos para a localização de trabalhos, não encontramos nenhuma pesquisa que possa ser classificada nas funções ideológica e cultural ou na documental.

Os resultados parecem indicar que as pesquisas de natureza histórica dos livros didáticos estão mais concentrados em realizar investigar a relação de livros didáticos com programas curriculares, bem como a forma e a evolução dos conteúdos neles contidos.

Com a análise desses trabalhos, foi possível constatar ainda que o período que escolhemos para a pesquisa (início do século XX) é classificado como “enciclopédico” no ensino de Física. Destacam-se, nos livros didáticos desse período, a descrição dos fenômenos, exercícios de caráter qualitativo e a ausência de experimentos propostos, pois há um predomínio para a descrição de equipamentos.

Com essa classificação, compreendemos que a nossa pesquisa pode ser inserida nas funções referencial e instrumental, por tomar como referência o currículo do Colégio Pedro II e por considerar o livro didático como um importante material para nos dizer sobre o ensino da física moderna no período do começo do século XX.

A partir da análise dessas pesquisas, nosso olhar agora se volta à física moderna em livros didáticos do início do século XX. Entretanto, é importante inicialmente determinar a amostra de livros didáticos para análise. Consideramos como referência curricular os programas de ensino desenvolvidos pelo Colégio Pedro II, no período de 1850 a 1951, reunidos no trabalho de Vechia e Lorenz (1998), que discutiremos no capítulo seguinte.

Capítulo 2 – O Colégio Pedro II e os primórdios do ensino de Física no Brasil

Neste capítulo, analisaremos a disciplina de Física nos programas curriculares do Colégio Pedro II, desenvolvidos no período de 1850 a 1951, que foram sistematizados em uma pesquisa desenvolvida por Vechia e Lorenz (1998). Tais programas de ensino foram considerados o currículo oficial a ser seguido em todas as instituições de ensino secundário em um período de mais de 100 anos.

Desse modo, olhar para os referidos programas é uma forma de compreender o ensino de Física no Brasil na época, principalmente em termos de conteúdos recomendados, uma vez que eles estavam estruturados por disciplinas ao longo desses programas. Já em alguns deles, é possível identificar ainda quais foram os livros didáticos sugeridos para o estudo das disciplinas.

O objetivo deste capítulo é apresentar um breve panorama do período histórico que oficializa a construção do Colégio Pedro II e analisar seu currículo para a disciplina de Física ao longo desses 100 anos, com o intuito de obter informações sobre a evolução do ensino da disciplina e também identificar quais foram os livros didáticos recomendados no início do século XX.

2.1. O Colégio Pedro II e os currículos da área de Ciências

Ao final do século XVIII, alguns acontecimentos marcaram o ensino das Ciências Naturais, como a construção da primeira Academia Científica no estado do Rio de Janeiro, em 1775, que reunia estudos nas áreas de Botânica, Medicina, Farmácia e Agricultura, e o Seminário de Olinda, em 1800, desenvolvido por José Joaquim de Azeredo Coutinho (ALMEIDA JUNIOR, 1979; 1980).

O Seminário de Olinda foi responsável por iniciar uma estrutura ordenada no ensino, como a inserção gradual de disciplinas, o período de duração do curso e a organização de agrupamento de alunos em classes (NICIOLI JUNIOR, 2007). Esse seminário introduziu no currículo as disciplinas de Física, Química, Mineralogia,

Desenho e Botânica (ALMEIDA JUNIOR, 1979). A criação desse seminário é considerado um marco isolado no ensino das Ciências Naturais no Brasil (COIMBRA, 2007).

Destacamos esses dois acontecimentos pela contribuição que eles tiveram para criar uma cultura científica no Brasil. No início do século XIX, que antecede a vinda da corte portuguesa, havia uma grande necessidade de formar a elite que seria responsável por auxiliar o governo no Brasil, sendo necessária a preparação para o ingresso no ensino superior, e as Ciências Naturais tinham um papel importante nesse objetivo.

O período colonial do início do século XIX foi marcado pela vinda da corte portuguesa para o Brasil, em 1808, e pela abertura dos portos. Nessa época, foram criadas escolas e instituições de ensino que teriam por objetivo “aparelhar a colônia para recepcionar a Corte Portuguesa e criar empregos para seus súditos” (COIMBRA, 2007, p. 37).

No início do Império, a estrutura de ensino no Brasil começou a adquirir contornos que se assemelham àquela que temos hoje, ou seja, um ensino composto por três níveis: o primário, considerado a escola de “ler e escrever”; o secundário, que seguia o modelo das aulas-régias (mas com uma divisão de disciplinas); e o ensino superior, que consistia nos cursos de Direito (que podiam ser cursados em São Paulo e Olinda), nos cursos de Medicina (que eram cursados na Bahia e no Rio de Janeiro), no curso de Engenharia (que existia apenas no Rio de Janeiro) e nos cursos militares, existentes no Rio Grande do Sul, no Rio de Janeiro e em Fortaleza (GHIRALDELLI JUNIOR, 2009).

Com a vinda da corte portuguesa para o Brasil, iniciou-se um processo para desenvolver um sistema nacional de educação. Dom Pedro I outorgou nossa primeira Constituição em 1824 e nela havia um tópico destinado à educação, uma vez que no Império deveriam existir escolas de ensino primário, secundário e ainda cursos de ensino superior (GHIRALDELLI JUNIOR, 2009). Entre as medidas estabelecidas para a melhoria do ensino no país estava a criação de um colégio, que teria como referência os colégios europeus, particularmente os franceses (SAMPAIO, 2004).

No ano de 1833, o então Ministro do Império, Nicolau Pereira de Campos Vergueiro, expressou sua preocupação com a situação do ensino no país, uma vez que nessa época a maior parte do ensino estava concentrada nas aulas realizadas nas casas dos alunos, ainda nos sistemas das aulas-régias (ALMEIDA JUNIOR, 1979).

Diante dessa preocupação, foi criado então o Colégio Pedro II, o primeiro estabelecimento de ensino secundário no Brasil. O ensino secundário propiciado pelo colégio equivalia ao que hoje conhecemos como ensino fundamental II e ensino médio. A instituição foi criada para servir como modelo às demais instituições de ensino já existentes e também para as aulas-régias, como destaca Almeida Junior (1979, p. 52):

A fundação em 2 de dezembro de 1837 do Colégio de Pedro II, um excelente estabelecimento de ensino secundário que servia de modelo para todas as escolas da corte, foi um marco esperançoso na História da Educação Brasileira.

O currículo desenvolvido pelo colégio rompeu com uma longa tradição de ensino de tendência humanística. Apenas com a criação desse colégio-modelo, ocorreu de fato a inserção de disciplinas da área científica no currículo oficial (COIMBRA, 2007).

O colégio admitia alunos do sexo masculino, com idade entre 8 e 12 anos, que soubessem escrever e realizar as quatro operações básicas (SAMPAIO, 2004). A estrutura do seu currículo era organizada num período de 6 a 8 anos, de forma semelhante ao modelo adotado nos colégios franceses. A influência francesa também era percebida nos livros didáticos recomendados nos seus programas de ensino:

Ao consultar os programas de ensino, podemos confirmar a influência francesa. Esta pode ser ilustrada pelo fato de que, dos vinte e três livros de Ciências indicados nos programas do Colégio para os anos de 1838 a 1889, dezenove deles foram publicados na França e quatro no Brasil, e dos dezoito autores identificados, quatorze eram franceses; pode-se argumentar que a fidelidade à tradição de ensino dos liceus franceses determinou seu uso. (LORENZ, 1986, *apud* SAMPAIO, 2004, p. 26).

Quanto aos professores que lecionavam no colégio, tratava-se de docentes que atuavam em bancas de exames e escreviam livros didáticos (adotados não só no Colégio Pedro II como também em outras instituições de ensino). Esses professores também eram responsáveis por desenvolver os programas de ensino utilizados no colégio (GASPARELLO, 2002; SAMPAIO, 2004).

Ao longo do período de 1850 a 1951, o colégio desenvolveu 18 programas de ensino, que foram considerados currículos do ensino básico e que deveriam ser adotados pelas demais instituições de ensino do país. O primeiro programa, de 1850, era composto dos seguintes conteúdos disciplinares:

Gramática da língua portuguesa, latim, grego, francês, inglês, geografia, história, retórica e poética e filosofia. Matemática, compreendendo aritmética, álgebra, geometria, trigonometria e mecânica. Astronomia, história natural, compreendendo zoologia, botânica e mineralogia. Ciências físicas, compreendendo física e química. Desenho e música vocal. (MACEDO, 1863, *apud* SAMPAIO, 2004, p. 25-27)

Desde o primeiro programa de ensino do colégio, a disciplina de Física foi inserida. Por um longo período, essa disciplina coexistiu com a Química. Entretanto, o fato de essa disciplina não ser preparatória para o ingresso nos cursos de ensino superior, seu ensino não se tornou expressivo até 1870 (SAMPALIO, 2004), como também destaca Coimbra (2007):

[...] as profundas raízes clássicas, o ingresso no ensino superior e problemas políticos foram empecilhos para o pleno desenvolvimento de um ensino voltado para as ciências. (COIMBRA, 2007, p. 37)

A conclusão do curso básico oferecido pelo Colégio permitia ao aluno realizar exames que, em caso de aprovação, levariam ao ingresso nos cursos superiores. Entretanto, nesses exames, não eram necessários realizar provas da área científica, como Química e Física. No início do século XIX, para a aprovação nos cursos de Direito e Medicina, os exames exigidos eram de Línguas (francesa, inglesa e latina), Retórica, Filosofia, Lógica, Aritmética, Geometria e Álgebra (NICIOLI JUNIOR, 2007).

O colégio, no entanto, acabou por tornar-se na época um meio de ingresso para o ensino superior ou ainda atuava como um curso secundário que fornecia ao final um diploma de bacharel, conforme aponta Gasparello (2002):

Os *bacharéis em letras* formados pelo colégio, com sete anos de estudo e um rígido sistema de exames, tinham o privilégio de livre acesso a qualquer curso superior, sem prestar exames. (GASPARELLO, 2002, p. 33, grifo)

Já Nicioli Junior (2007) destaca que a função preparatória para o ensino superior era um dos objetivos do curso secundário fornecido pelo colégio:

O objetivo [do ensino secundário no período do Império] era capacitar, ou preparar, indivíduos para o ensino superior. Sendo assim, o “grau” inferior acaba tendo uma função de preparatórios. Foram os “exames parcelados” que determinavam o que seria ensinado nos preparatórios e, obviamente, quem controlava esses exames era o Império. (NICIOLI JUNIOR, 2007, p. 40)

O ensino das Ciências Naturais só se consolidou no Brasil com a estabilização do Império, que ocorreu em 1850. Essa década também ficou marcada como um período de diversas mudanças no cenário educacional brasileiro, entre elas a criação da Inspetoria-Geral da Instrução Primária e Secundária do Município da Corte, em 1854. Cabia a essa organização orientar e supervisionar o ensino público ou privado (GHIRALDELLI JUNIOR, 2009).

Era também responsabilidade desse novo órgão estabelecer regras que visariam garantir a liberdade de ensino, a preparação dos professores primários e a reformulação dos estatutos dos colégios preparatórios. O objetivo era colocar esses novos colégios nos padrões dos colégios oficiais (GHIRALDELLI JUNIOR, 2009).

Apresentaremos a seguir alguns aspectos do ensino de Física no Colégio Pedro II, no período de 1850 a 1951, especialmente no que se refere a seus programas de ensino, visto que, conforme o que já foi exposto até aqui, esses programas foram considerados currículos que deveriam ser seguidos pelas demais escolas existentes no país na época.

2.2. A disciplina de Física no programa curricular do Colégio Pedro II

Com base na pesquisa realizada por Vechia e Lorenz (1998) é possível analisar a maneira como a disciplina Física foi sendo incorporada ao currículo da educação básica ao longo do período de 1850 a 1951, ao reunir os 18 programas de ensino desenvolvidos pelo Colégio Pedro II.

Este material, como objeto de pesquisa, é capaz de nos fornecer diversas informações sobre a educação brasileira no período de 1850 a 1951 e em particular, sobre o ensino da Física neste período.

Por meio da leitura atenta desse material, coletamos diversas informações sobre a disciplina de Física durante o período citado. Nas primeiras páginas da pesquisa de Vechia e Lorenz (1998), já identificamos diversas informações sobre os programas de ensino:

[...] os conteúdos das disciplinas, a organização das séries, a carga horária semanal e as lições de cada ano de curso, e, em alguns programas também há referências a autores e livros textos utilizados. (VECHIA; LORENZ, 1998, p. viii)

Após a leitura dessas informações iniciais, passamos para a análise de cada um dos programas de ensino, buscando dados da disciplina de Física.

Um dos primeiros dados que podemos destacar é sobre a natureza dos programas de ensino. Identificamos que os primeiros 15 programas (1850 a 1929) foram desenvolvidos pelo próprio colégio. Em 1930, com a criação do Ministério da Educação e Saúde (MES), os três últimos programas (1931, 1942 e 1951 – este vigorado até 1960) foram desenvolvidos pelo colégio e aprovados com os objetivos propostos pelo MES para “[...] utilização não só no referido Colégio, mas em todos os estabelecimentos de ensino secundário público” (VECHIA; LORENZ, 1998, p. viii).

Ao realizar um estudo da pesquisa de Vechia e Lorenz (1998), verificamos que até o programa de 1926 as disciplinas de Física e Química eram propostas conjuntamente (com exceção dos programas de 1856, 1858, 1892 e 1893).

No período de 1926 a 1950, a Física se separou da Química. O quadro 2.1, a seguir, mostra uma síntese desse estudo no que se refere à presença da Física junta ou separadamente da Química no programa curricular:

Quadro 2.1: A Física no programa do Colégio Pedro II de 1851 a 1950

Ano do programa	Programa disciplinar
1850	Física e Química
1856	Física
1858	Física
1862	Noções de Física e Química
1877	Física e Química
1878	Física e Química
1882	Física e Química
1892	Física
1893	Física
1895	Mecânica e Astronomia Estática Astronomia
1898	Física e Química Mecânica e Astronomia Mecânica
1912	Física e Química
1915	Física e Química
1926	Física
1929	Física
1931	Ciências Físicas e Naturais Física
1942/46	Ciências Físicas e Naturais Física
1951	Ciências Físicas e Naturais Física

(Fonte: VECHIA; LORENZ, 1998)

Os programas de ensino do Colégio Pedro II pesquisado por Vechia e Lorenz (1998) retratavam a estrutura curricular do ensino no período de 1850 a 1951. Conforme o quadro 2.1, podemos verificar que a disciplina de Física sempre esteve presente no currículo, e embora apareça de separadamente da Química em alguns programas (nos programas de 1856, 1858, 1892 e 1893), percebemos que a partir do programa de 1926, elas não aparecem mais conjuntamente, até o programa de final (de 1951).

De 1850 a 1929, conteúdos de Física pertenciam ao ensino ginasial (equivalente ao atual ensino fundamental II mais o atual ensino médio). Após o programa de 1931, a Física passou a ser estudada em duas frentes, no ensino ginasial, na área de Ciências Físicas e Naturais, e no ensino colegial (equivalente ao atual ensino médio). A pesquisa de Vechia e Lorenz (1998) apresenta ainda os livros didáticos recomendados nos programas curriculares. O quadro 2.2, a seguir, expõe essas informações:

Quadro 2.2: Livros didáticos recomendados nos programas de Física

Ano do programa	Livro didático recomendado (área de Física)
1850	-
1856	Éléments de Chimié, precedes de motins de Psique, Guerin-Varry
1858	Compendio de Physica, Dr. Meirelles
1862	Compendio de Physica, Dr. Meirelles
1877	Lições normaes de Physica, Dr. Pouille (d'Amiens)
1878	Lições normaes de Physica, Dr. Pouille (d'Amiens)
1882	Physica, Albert Ganot (última edição)
1892	Compendio, Drion e Fernet
1893	Compendio, Albert Ganot
1895	Materiais para o estudo da mecânica geral, Dr. J. Eulálio da Silva Oliveira Astronomia Popular, A. Comte
1898	Physica, Albert Ganot Mecânica, F.I.C.
1912	-
1915	-
1926	Physica, Albert Ganot (última edição)
1929	Physica, Albert Ganot Tratado de Physica, Raul Romano Elementos de Physica, Antônio de Pádua Dias
1931	-
1942/46	-
1951	-

(Fonte: VECHIA; LORENZ, 1998)

Conforme o quadro 2.2, é possível perceber que, para a Física, havia recomendação de um grande número de livros didáticos franceses (programas de 1856, 1877, 1878, 1882, 1892, 1893, 1898, 1926 e 1929). Já os livros didáticos de autores brasileiros estiveram presentes em menor número (nos programas de 1858, 1862, 1895 e 1929 – neste último sendo recomendado um de autor francês e dois de

autores brasileiros), mais uma característica do predomínio francês na estruturação do ensino básico brasileiro.

2.3. A física moderna no currículo do Colégio Pedro II

Para identificar a presença de conteúdos de física moderna no currículo do Colégio Pedro II, analisamos os 18 programas de ensino apresentados na pesquisa de Vechia e Lorenz (1998), sempre com foco para a disciplina de Física, mesmo quando esta aparecia com a Química.

Antes de apresentar a análise dos conteúdos de física moderna presentes no currículo do Colégio Pedro II, é preciso definir o que classificamos como física moderna. A física moderna é geralmente entendida como a área da pesquisa em Física desenvolvida a partir do final do século XIX e início do XX.

No final do século XIX e início do XX, a Mecânica Newtoniana, a Termodinâmica, a natureza ondulatória da luz, a estrutura atômica e outras questões da Física já estavam (muitos consideravam) resolvidas. No entanto, duas questões ainda preocupavam os físicos desse período histórico. A primeira buscava alternativas para conciliar a Mecânica Newtoniana à Termodinâmica (o problema da radiação de corpo negro). A segunda preocupava-se com as descargas elétricas que ocorriam em gases rarefeitos, nos tubos de raios catódicos (SEGRÈ, 1987).

Essas duas áreas de pesquisas levaram a Física para um caminho surpreendente, ou seja, uma nova Física. Se a primeira área de pesquisa levou Planck a estruturar o conceito de energia discreta, a segunda área levou a inúmeras e incríveis descobertas, como os raios X, a radioatividade e a descoberta do elétron.

As novas áreas de pesquisa da Física revolucionariam sua estrutura e culminaram em uma nova denominação para esse ramo da Ciência: a física moderna, que foi estruturada em duas novas áreas, a Mecânica Quântica, que trata das partículas e da estrutura microscópica da matéria e a Relatividade, que trata das estruturas macroscópicas.

No nosso trabalho, adotaremos o mesmo critério atualmente adotado pela comunidade geral, considerando como conteúdos de física moderna temas da Física que eram desenvolvidas a partir do final do século XIX e início do XX.

Cientes dos conteúdos que consideramos física moderna, realizamos uma síntese daqueles que foram observados nos programas curriculares do Colégio Pedro II (programas de 1915 a 1951), apresentada no quadro 2.3, a seguir:

Quadro 2.3: Os conteúdos de física moderna

Programa	Conteúdos de física moderna
1915 ³	Elementos novos (rádio e análogos)
1926	Descarga elétrica em gases rarefeitos. Raios catódicos. Raios X. Radioatividade.
1929	Descarga elétrica nos gases rarefeitos. Raios catódicos. Raios X. Noções sobre radioatividade. Ideias gerais sobre a teoria da relatividade.
1931	Descarga através dos gases; ionização. Raios catódicos. Natureza corpuscular da eletricidade. Raios X. Exposição sumária das teorias modernas da Física
1942/46	Descarga elétrica nos gases. Raios catódicos. Raios X. Radiações corpusculares. Os corpúsculos elementares e a constituição da matéria.
1951	Descarga elétrica nos gases. Raios catódicos. Raios X. Radiações corpusculares. Efeito fotoelétrico. A radioatividade. Noções sobre a constituição da matéria. Teorias modernas da Física.

(Fonte: VECHIA; LORENZ, 1998).

Os conteúdos de física moderna apareceram pela primeira vez no programa de 1915 (novos elementos químicos). Em 1926, outros conteúdos foram incorporados no programa curricular, como a Radioatividade e Raios X, temas contemporâneos da pesquisa em Física desenvolvidos durante os anos finais do século XIX. Conteúdos como Descarga através dos gases, Ionização e Raios catódicos também se somam aos de Radioatividade e Raios X. A Relatividade

³ Neste programa, as disciplinas de Física e Química estavam juntas.

aparece apenas no programa de 1929. No programa de 1931, aparecem novos conteúdos que são a Natureza corpuscular da eletricidade e a Exposição sumária das teorias modernas da Física. As radiações corpusculares vão aparecer nos programas de 1942/46 e 1951, já o conteúdo de Efeito fotoelétrico, está presente apenas no programa de 1951.

Neste capítulo, conseguimos verificar a evolução do ensino da Física por meio do currículo do Colégio Pedro II, estruturado na pesquisa de Vechia e Lorenz (1998). Percebemos que a disciplina de Física sempre esteve presente nesse currículo, de forma isolada ou conjuntamente com a disciplina de Química. Notamos ainda que houve um predomínio de livros didáticos estrangeiros, sobretudo franceses, o que reflete a influência francesa no desenvolvimento do currículo do colégio.

Um reflexo do aumento da dedicação às Ciências Naturais é percebido nos cursos superiores criados na Universidade do Rio de Janeiro (em 1920) e também na Universidade de São Paulo (com este nome, em 1932), bem como no número de livros didáticos de autores nacionais.

Sobre os conteúdos de física moderna presentes no programa curricular, observamos que boa parte deles está relacionada a temas de pesquisa em Física no final do século XIX e no início do XX.

No próximo capítulo, trataremos da análise dos livros didáticos. Para isso, apresentaremos os livros escolhidos para análise e suas justificativas, a metodologia usada, o processo de construção das categorias e a análise dos livros didáticos.

Capítulo 3 – Os livros didáticos: levantamento e análise

Neste capítulo, estruturado em três partes, apresentamos o processo de escolha das obras, sua respectiva localização em acervos de pesquisa, além de algumas informações sobre os autores e as editoras. São demonstrados também a metodologia da construção das categorias de análise.

3.1. Escolha e localização dos livros

3.1.1. Os livros

A pesquisa histórica com livros didáticos exige um cuidado todo especial com a escolha do material. Sua localização em acervos de pesquisa nem sempre é fácil e a escolha dos livros deve ser tal que resulte em uma amostra significativa e representativa do que se pretende analisar.

Na nossa pesquisa, o desafio maior foi escolher livros didáticos do início do século XX que contivessem conteúdos de física moderna. Entretanto, não podíamos simplesmente escolher qualquer livro, pois era preciso eleger materiais que de alguma forma fossem recomendados em programas de ensino e que tivessem sido usados em escolas desse período. Sendo assim, concentramos nossa busca em duas fontes: a primeira, nos programas de ensino do Colégio Pedro II; e a segunda, nas pesquisas da área de ensino de Física que tenham feito trabalhos de natureza histórica como o nosso.

Conforme o quadro 2.3, elaborado com base na análise preliminar do programa curricular do Colégio Pedro II (VECHIA; LORENZ, 1998), identificamos que é no programa de 1915 que apareceram os primeiros conteúdos de física moderna.

Para estudar o início da inserção desses conteúdos nos livros didáticos de Física, analisamos os livros recomendados pelo programa. No entanto, como no programa de 1915 não há recomendação de livros, optou-se pela indicação feita nos

programas subsequentes (1926 e 1929). Neles são sugeridos o livro de Ganot (1926 e 1929), Romano (1929) e Pádua Dias (1929).

Com o objetivo de ampliar o universo de livros a serem analisados, buscamos em pesquisas que tenham feito análise de livros didáticos do mesmo período outras indicações.

Nicioli Junior (2007) e Nicioli Junior e Mattos (2008), por exemplo, analisaram diversos livros didáticos no período de 1810 a 1930, entre eles várias edições do livro de Francisco Ribeiro Nobre, que, de acordo com Nicioli Junior e Mattos (2008), encontra-se muito presente em bibliotecas e configura-se como um importante livro didático de Física do começo do século XX.

Outro livro presente em pesquisas de livros didáticos do começo do século XX é o de Aníbal Freitas. Ele foi citado nos trabalhos de Errobidart, Gobara e Jardim (2008) e Bandeira Filho e Martins (2012), sendo que, para estes, o livro de Aníbal Freitas é considerado uma obra representativa de Física da década de 1940.

Esses dois livros citados (de Nobre e Freitas), escolhidos por meio de pesquisas da área, completam o acervo de obras analisadas, junto aos escolhidos com base na análise dos programas curriculares do Colégio Pedro II (Ganot, Romano e Pádua Dias).

3.1.2. Os acervos

Escolhidas as obras, concentramo-nos na sua localização. Alguns centros de pesquisa possuem acervos de livros didáticos de épocas distintas, como é o caso dos serviços prestados pelo *WorldCat*⁴ (site que reúne catálogos eletrônicos de diversas instituições ao redor do mundo) e da *Bibliothèque nationale de France*⁵

⁴ OCLC WORLDCAT. Disponível em: <www.worldcat.org>. Acesso em: 20 ago. 2014.

⁵ FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL (BN). Disponível em: <www.bnf.fr/>. Acesso em: 27 ago. 2014.

(BnF), que em seu acervo eletrônico disponibiliza diversos livros raros digitalizados, por meio do serviço *Gallica*.⁶

No Brasil, destacamos o banco de dados LIVRES⁷ (Livros Escolares), que faz parte do projeto temático “Educação e memória: organização de acervos de livros didáticos”, financiado pela FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). Esse banco de dados disponibiliza o acesso à produção didática de várias disciplinas escolares do Brasil.

Conseguimos localizar todas as obras analisadas nesta pesquisa pelo acervo do LIVRES, mas destacamos os outros acervos de pesquisa por constituírem importantes fontes dessa natureza.

O quadro 3.1, a seguir, apresenta a localização em acervos dos livros didáticos que foram escolhidos para análise.

Quadro 3.1: Livros didáticos analisados

Autor	Título	Editora	Ano	Localização
Albert Ganot	Traité élémentaire de Physique	Librairie Hachette – Paris	1918	Biblioteca de livros didáticos (FEUSP)
Antônio de Pádua Dias	Curso elementar de Physica	Salles Oliveira, Rocha & Cia. Editores – São Paulo	1920	Biblioteca de livros didáticos (FEUSP)
Raul Romano	Tratado de Physica	Comp. Melhoramentos de São Paulo – São Paulo	1928	Grupo de pesquisa em livros didáticos (IFUSP)
Francisco Ribeiro Nobre	Tratado de Física elementar	Livraria Chardron Lello & Irmão, Ltda. – Porto	1925	Biblioteca de livros didáticos (FEUSP)

⁶ BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE (BnF). Disponível em: <gallica.bnf.fr/>. Acesso em: 27 ago. 2014.

⁷ LIVRES. Disponível em: <www2.fe.usp.br:8080/livres>. Acesso em: 27 ago. 2014.

Aníbal Freitas	Curso de physica: iniciação no estudo dos phenomenos physicos: 3ª série	Comp. Melhoramentos de São Paulo – São Paulo	1936	Biblioteca de livros didáticos (FEUSP)
----------------	---	--	------	--

3.2. Características gerais dos livros didáticos: autores, editoras e estrutura

3.2.1. Os autores e as editoras

O livro *Traité élémentaire de Physique* foi escrito pelo francês Albert Ganot, que era professor de Ciências Físicas da École Nationale de Beaux-Arts. A editora responsável pela obra foi a Librairie Hachette de Paris e foi analisada a edição de 1918. O livro de Ganot foi recomendado em vários programas curriculares do Colégio Pedro II (1882, 1893, 1898, 1926 e 1929). Além disso, ele foi citado como bibliografia em vários livros didáticos nacionais, por exemplo, no livro de Pádua Dias.

O livro didático **Curso elementar de Physica** foi escrito por Antônio de Pádua Dias, engenheiro civil, que atuou como professor catedrático de Física da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz e diretor dessa mesma escola. Analisamos a edição de 1920, dos editores Salles Oliveira, Rocha & Cia.

O livro **Tratado de Física elementar** foi escrito por Francisco Ribeiro Nobre, bacharel em Matemática pela Universidade de Coimbra, que atuou como professor em diversos liceus das cidades do Porto e de Lisboa. A editora responsável pelas obras foi a Livraria Chardron Lello & Irmão, que existe desde 1869 na cidade de Porto, em Portugal.

O livro **Tratado de Physica** foi escrito por Raul Romano, engenheiro químico que atuou como professor de Física e Química nos colégios: Liceu Paulistano, Liceu Nacional Rio Branco, Ginásio Anglo-Latino e Externato Marques. Além disso, foi diretor do Ginásio Independência. Um exemplar desse livro, editado em 1928, foi utilizado como material de análise. A editora da obra, Melhoramentos

de São Paulo, foi fundada em 1877, mas iniciou sua produção editorial apenas em 1915. Esse livro foi recomendado no programa curricular do Colégio Pedro II de 1929.

O livro **Curso de Physica** foi escrito por Aníbal Freitas formado em Farmácia, que atuou como docente de Física e Química no Colégio Ginásial de Campinas e também na Universidade Católica de Campinas. A edição analisada é a de 1936, da editora Melhoramentos.

3.2.2. A estrutura

Uma primeira análise das obras selecionadas nos permite identificar alguns elementos em comum nelas. Observamos que a estrutura gráfica das obras é semelhante no que se refere à disposição de textos e imagens.

No caso dos livros de Pádua Dias, Nobre e Freitas, por exemplo, há a indicação da obra de Ganot nas referências bibliográficas. Já o livro de Romano assemelha-se mais ao de Ganot nas imagens utilizadas que na composição de seu texto.

Figura 3.1: Da esquerda para a direita: Ganot (1918, p. 978), Pádua Dias (1920, p. 305), Nobre (1925, p. 673), Romano (1928, p. 281) e Freitas (1936, p. 155).

Os recursos de imagens e fotografias utilizadas são muito parecidos em várias obras. Tal semelhança parece indicar uma tendência dos recursos gráficos

disponíveis no período de edição dos livros. No entanto, essas obras já apontam algumas inovações para a época, como a inserção de fotografias (especialmente de radiografias) e ilustrações técnicas.

Ainda, o uso considerável de ilustrações técnicas parece indicar uma tendência de ensino de Física nesse período, com uma valorização das aplicações tecnológicas.

No item a seguir, apresentamos a metodologia usada para construir os critérios de análise das dimensões dos livros didáticos.

3.3. A construção das categorias de análise

Para análise da física moderna presente nos livros didáticos escolhidos, utilizamos a metodologia da análise de conteúdo. De acordo com Bardin (1977) a organização da análise está estruturada em diversas etapas.

A primeira etapa se caracteriza pela **definição do material de análise**. No nosso caso, iniciou-se desde a construção da revisão bibliográfica até a análise do programa curricular do Colégio Pedro II. Essas pesquisas possibilitaram o levantamento e a definição dos livros didáticos escolhidos para análise.

A próxima etapa é definida pela **leitura flutuante** do material. Nesse momento, por exemplo, conseguimos levantar aspectos sobre a estrutura gráfica dos livros analisados e identificar os conteúdos de física moderna presentes nos livros didáticos.

A etapa seguinte é a de **levantamento de hipóteses**. Retomamos para a análise dos conteúdos de física moderna com o objetivo de levantar hipóteses sobre como esse tema se apresenta nesses materiais. Nossas hipóteses são as de que os conteúdos de física moderna apresentados pelos materiais são de natureza mais técnica em função da formação dos autores da época, em consonância com a natureza da apresentação dos demais conteúdos de Física em livros didáticos do mesmo período e analisados por outros autores. Também se espera encontrar uma

apresentação mais teórica, tecnicista⁸, com uma formulação matemática menos frequente e pouca indicação de exercícios de fixação dos conteúdos abordados, pois essas características também foram observadas em outras pesquisas realizadas em livros didáticos do mesmo período que o nosso.

Na **elaboração de categorias**, com base nas hipóteses lançadas, identificamos elementos em comum nos livros didáticos, no tema da física moderna, e, a partir disso, construímos nossas categorias de análise. Entretanto, é importante ressaltar que as categorias foram construídas de forma mais ampla, pois, por exemplo, durante o levantamento de hipóteses, não conseguimos identificar nenhum aspecto de caráter histórico presente nesses materiais, mais tal enfoque foi observado durante as etapas de leitura flutuante e da análise.

Sendo assim, para a física moderna, conseguimos construir quatro dimensões de análise, que aqui chamamos de categorias, quais sejam: a **histórica**, a **matemática**, a **experimental** e a **aplicativa tecnológica**.

A primeira delas, a **histórica**, contempla tanto os aspectos relacionados à história factual, com a menção de datas e biográficas, como a história que apresenta o processo de construção do conhecimento físico. Exemplos da categoria: elementos de história da Física como biografias de cientistas, menção a datas e fatos relacionados a descobertas de fenômenos e/ou mudanças de conceitos por causa dos novos estudos.

A segunda dimensão é a forma como a linguagem matemática é utilizada nessas obras, que aqui denominamos como a categoria **matemática**. Ela se refere à forma como as obras expressam as relações matemáticas que sistematizam o conhecimento físico. São exemplos dessa categoria a utilização de expressões matemáticas de forma textual, exemplos e deduções.

A terceira dimensão identificada nos livros é o uso de relatos descritivos para apresentar experimentos realizados por cientistas ou o funcionamento de um

⁸ No nosso trabalho, consideramos abordagem tecnicista, a presença de elementos e trechos dos livros didáticos que possuam aspectos relacionados a tecnologia da época.

equipamento, classificada como de natureza **experimental**, que se refere a relatos de observações de experimentos ou de equipamentos. Ilustra essa categoria o relato da observação dos eclipses de 1919 e 1922 usados para a comprovação da teoria da relatividade geral e a descrição detalhada do funcionamento do tubo de Crookes, que produz os raios X.

Por último, observamos nos livros analisados conceitos de física moderna relacionados às aplicações tecnológicas, com o objetivo de ilustrar ou exemplificar os temas abordados. Chamamos essa categoria de **aplicativa tecnológica** e ela se refere à menção de produtos da tecnologia da época e suas aplicações, que estão relacionados aos conteúdos de física moderna estudados. O uso dos raios X, por exemplo, ilustra essa categoria.

As categorias experimental e aplicativa tecnológica diferem entre si porque a primeira se refere ao *processo de investigação* de um conceito físico, que nos livros analisados é feito por meio do estudo de um equipamento ou experimento físico. Já a segunda explora o *produto gerado* pelo conhecimento do fenômeno.

Ressaltamos, por fim, que as categorias não são excludentes e que, num mesmo trecho do livro, podemos localizar uma ou mais categorias.

No capítulo 4 a seguir apresentamos a análise dos conteúdos de física moderna encontrados no programa curricular e nos livros didáticos.

Capítulo 4 – A física moderna nos livros didáticos

Neste capítulo apresentamos inicialmente, os conteúdos de física moderna presentes no programa curricular e nos livros didáticos apresentados. Depois, para cada uma das categorias construídas, apresentamos excertos dos livros didáticos que as ilustram. Por último apresentamos uma síntese dos resultados obtidos.

4.1. Os conteúdos

Antes de continuar a análise da forma como os conteúdos de física moderna estão presentes nos livros, apresentaremos quais são esses conteúdos.

Para fazer esse estudo, realizamos a leitura dos 18 programas de ensino do Colégio Pedro II. Identificamos que os conteúdos referentes à física moderna estão presentes a partir do programa de 1915. Selecionamos todos os conteúdos desse tema nesse programa e também nos programas de 1926, 1929 e 1931. Não escolhemos os programas de 1942/46 e 1951 porque os livros didáticos analisados são de edições anteriores aos anos de publicação destes programas (o livro mais recente é o de Freitas de 1936).

Os conteúdos de física moderna presentes nos programas de 1915, 1926 e 1929 são: Novos elementos químicos; Descarga elétrica através dos gases; Raios catódicos; Raios X; Radioatividade; Natureza corpuscular da eletricidade; Teorias modernas da Física e Relatividade.

Analisamos a edição de 1918 do livro de Ganot. Nele identificamos os seguintes conteúdos de física moderna: Novos elementos químicos; Descarga elétrica através dos gases rarefeitos; Ionização; Raios de Lenard; Raios catódicos; Raios X; Produção, propriedades e aplicações dos raios X; Radioatividade; Transmutação dos corpos radioativos; Constituição da matéria; Energia atômica.

Para o livro de Pádua Dias analisamos a edição de 1920, que contém os seguintes conteúdos de física moderna: Novos elementos químicos; Raios catódicos; Raios X; Produção, propriedades e aplicações dos raios X;

Radioatividade; Transmutação dos corpos radioativos; Constituição da matéria; Energia atômica.

Analisamos a edição de 1928 do livro de Romano, que possui os seguintes conteúdos de física moderna: Novos elementos químicos; Descarga elétrica através dos gases rarefeitos; Ionização; Raios de Lenard; Raios catódicos; Raios X; Produção, propriedades e aplicações dos raios X; Radioatividade; Transmutação dos corpos radioativos; Constituição da matéria; Energia atômica; Teorias da luz; Éter; Relatividade e Teorias modernas da física.

Para o livro de Nobre analisamos a edição de 1925, que contém como conteúdos de física moderna: Raios catódicos; Raios X; Produção, propriedades e aplicações dos raios X e Radioatividade.

Por fim, analisamos a edição de 1936 do livro de Freitas, que possui os seguintes conteúdos de física moderna: Descarga elétrica em gases rarefeitos; Raios catódicos; Raios X e Produção, propriedades e aplicações dos raios X.

Uma sistematização destas informações está no quadro 4.1, a seguir.

Quadro 4.1: Sistematização dos conteúdos de física moderna no programa curricular e nos livros didáticos analisados

Conteúdos de física moderna	Programa curricular	Ganot	Pádua Dias	Romano	Nobre	Freitas
Novos elementos	X	X	X	X		
Descarga elétrica em gases rarefeitos	X	X		X		X
Ionização	X	X		X		
Raios de Lenard		X		X		
Raios catódicos	X	X	X	X	X	X
Raios X	X	X	X	X	X	X
Produção, propriedades e aplicações dos raios X	X	X	X	X	X	X
Radioatividade	X	X	X	X	X	
Transmutação dos corpos radioativos		X	X	X		
Constituição da matéria	X	X	X	X		
Energia atômica		X	X	X		
Teorias da luz				X		

Éter				X		
Teoria da relatividade	X			X		
Natureza corpuscular da eletricidade ⁹						
Teorias modernas da Física	X			X		

Legenda: As regiões marcadas com X indicam a presença de conteúdos de física moderna no programa curricular ou no livro didático nomeado pelo autor.

Observando os dados presentes no quadro 4.1, verificamos que a maior parte dos livros apresentam conteúdos de física moderna, relacionados aos estudos da Radiação. O livro de Romano se destaca por ser o único que apresenta os conteúdos de Relatividade, éter, teorias da luz e as Teorias modernas da física.

Observa-se ainda que os livros didáticos analisados trazem mais conteúdos do que o programa de ano vigente propõem, ou seja, por exemplo, para o livro de Ganot, que é de 1918, e que estaria de acordo com o programa de 1915 (que só apresenta os novos elementos químicos), há uma variedade maior de conteúdos de física moderna presentes.

O mesmo ocorre com os livros de Pádua Dias e Romano. Já os livros de Nobre e Freitas que poderiam apresentar uma variedade maior de conteúdos de física moderna, por serem os mais recentes, são aqueles que apresentam a menor variedade destes conteúdos.

O livro didático de Romano é o que apresenta uma abrangência mais significativa dos conteúdos de física moderna, sendo o único que possui os temas da Teoria da relatividade e Éter, ao passo que o livro de Nobre e livro de Freitas são os menos abrangentes em relação aos conteúdos de física moderna.

Nos itens a seguir, apresentamos para as categorias construídas exemplos presentes nos livros didáticos que as ilustram.

⁹ Este conteúdo apareceu apenas no programa curricular.

4.2. A categoria histórica¹⁰

Nesta categoria estão presentes excertos de elementos históricos de natureza distinta, como características de datas e biografias, de um lado, e a construção do conhecimento físico, de outro.

Ilustram aspectos de uma história de datas, especialmente no tema dos raios X e da radioatividade, os seguintes exemplos:

[...] Em 1885, W. Röntgen descobriu que as partículas de uma ampola de Crookes atingidas pelos raios catódicos emitem raios capazes de tornar certos corpos fosforescentes [...], que ele nomeou de raios X [...].¹¹ (GANOT, 1918, p. 977, tradução nossa)

[...] H. Becquerel demonstrou, em 1896, que o urânio e seus compostos emitiam raios capazes de atravessar corpos opacos [...].¹² (GANOT, 1918, p. 984, tradução nossa)

Depois da descoberta dos raios X têm sido descobertas substâncias que têm também a propriedade de emitir radiações que atravessam os corpos

¹⁰ Os excertos dos livros didáticos que acreditamos ilustrar as categorias estão reproduzidos nas notas de rodapé, sendo que os textos sublinhados são os que nós selecionamos.

¹¹ **“Historique. – Production des rayons X. – Radioscopie et radiographie. –** En 1895, W. Röntgen découvrit que les parties d’une ampoule de Crookes, frappées par les rayons cathodiques, émettent des rayons capable de rendre certains corps phosphorescent, agissant sur les plaques photographiques et traversant des corps opaques pour la lumière; Il lês nomma *rayons X*, parce qu’il ne put en expliquer les propriétés. Comme les rayons cathodiques, ils *rendent les gazconducteurs*, en les ionisant [...]; mais ils distinguent des rayons cathodiques et des rayons positives, parce qu’ils *ne subissent pas d’action dans un champ électrique, ni dans un champ magnétique*; ils paraissent différer des radiations, parce qu’ils *ne subissent ni réflexion sur les miroirs, ni refraction à travers les prismes ou les lentilles*. Mais ils se propagent avec la vitesse de la lumière et Il est maintenant parfaitement démontré que les rayons X sont des radiations de très haute fréquence [...], dont la longueur d’onde est, pour certains, plusieurs milliers de fois plus petite que celle des radiations visibles, ce qui explique leurs propriétés particulières.” (GANOT, 1918, p. 977, grifo do autor)

¹² **“Historique. –** On doit rapprocher des radiations de l’ampoule de Crookes, les radiations émises par certains corps et queent élé découvertes, à partir de 1896, par divers physiciens.

[...] Henri Becquerel a démontré en 1896, que l’uranium et ses sels émettent des rayons capalés de traverser des corps opaques, d’exciter la fluorescence, d’impressionner les plaques photographiques et de rendre les.” (GANOT, 1918, p. 984).

opacos [...]. A mais notável descoberta da radioatividade foi feita pelo casal Curie [...].¹³ (NOBRE, 1925, p. 672)

Em 1886, *Becquerel* observou que os sais de *urânio* possuem a propriedade de liberar continuamente uma pequena quantidade de energia [...]. A descoberta das substâncias radioativas teve como ponto de partida a observação feita por *Madame Curie* de que certos minérios impuros de *urânio* emitiam *raios de Becquerel* mais do que os de *urânio* puro [...].¹⁴ (ROMANO, 1928, p. 282, grifo)

Em 1896, Henri Becquerel, em Paris, envolvendo uma chapa fotográfica num papel negro [...]. Becquerel descobriu, ainda, que os raios emitidos eram de *urânio* e seus compostos. Poucos meses depois após a descoberta de Becquerel, a Sra. Curie demonstrava que o *tório* e seus compostos comportavam-se como o *urânio* e os raios emitidos por estas substâncias passaram a ser chamados de “raios Becquerel”, sendo dado o nome de substâncias radioativas a todas aquelas que os emitem.¹⁵ (PÁDUA DIAS, 1920, p. 305-306)

¹³ **“Radioatividade.** – Depois da descoberta dos raios X têm sido descobertas substâncias que têm também a propriedade de emitir radiações que atravessam os corpos opacos, excitam a fluorescência, impressionam as chapas fotográficas, descarregam os corpos eletrizados e são desviadas pelos ímãs como os raios catódicos. O *urânio*, o *tório* e os sais correspondentes apresentam radiações com estas propriedades a que foi dado o nome de *radioatividade*.

A mais notável descoberta da radioatividade foi feita por *M. e Mme Curie*, que descobriram na *pechblenda* dois novos metais; o *polônio* análogo ao bismuto, e o *rádio* análogo do bário, possuindo ambos, e os seus sais, a *radioatividade* 100.000 vezes mais intensa que o *urânio*, emitindo permanentemente energia que pôde ser comunicada a substâncias inertes (radioatividade induzida).” (NOBRE, 1925, p. 672)

¹⁴ “Em 1896, *Becquerel* observou que o sais de *urânio* gozam da propriedade de libertar continuamente uma pequena quantidade de energia. Tudo se passa, além disso, como se estes sais emitissem raios de *Lénard* em pequena quantidade. O ar torna-se condutor nas suas proximidades, as placas fotográficas são impressionadas, etc.

A descoberta das substâncias radioativas teve como ponto de partida a observação feita por *Mme. Curie* de que certos minérios impuros de *urânio* emitiam *raios de Becquerel* mais intensos do que o *urânio* puro. Isto dava logicamente a entender que o *urânio* não era a fonte principal das radiações, e então, de pesquisa em pesquisa, *Curie* e *Mme. Curie* isolaram sucessivamente o *polônio*, substância 400 vezes mais ativa que o *urânio*. Algum tempo depois. M. Debierne descobriu o *actínio*.” (ROMANO, 1928, p. 282, grifo do autor)

¹⁵ **“Radioatividade.** – Em 1896, *Henri Becquerel*, em Paris, envolvendo uma chapa fotográfica num papel negro, perfeitamente opaco, colocou uma moeda sobre o papel e suspendeu sobre a moeda uma pequena porção do mineral chamado *urânio*, deixando tudo isto em um quarto escuro, por alguns dias. Tendo depois revelado a chapa, verificou que ela apresentava a imagem da moeda, como se tivesse sido submetida à ação dos raios x. *Becquerel* descobriu, ainda, que os raios emitidos

Já os elementos da categoria histórica mais direcionada à construção do conhecimento físico estão presentes nos temas da Radioatividade e da Relatividade.

A descoberta da radioatividade abalou profundamente as ideias clássicas sobre matéria, energia, força e até mesmo sobre o tempo e o espaço.¹⁶ (ROMANO, 1929, p. 282)

No trecho a seguir, o autor discute sobre a Mecânica Newtoniana e infere que ela se trata de uma particularidade da Mecânica Einsteiniana:

[...] a mecânica clássica representa uma aproximação da mecânica geral. Nesta última, todas as grandezas dependem da velocidade [...]¹⁷ (ROMANO, 1928, p. 6)

*A mecânica einsteiniana não estabelece oposição alguma à antiga mecânica de Galileu e Newton [...], constitui-se assim, um desenvolvimento, ou antes, um aperfeiçoamento da mecânica clássica.*¹⁸ (ROMANO, 1928, p. 315-316, grifo do autor)

pelo urânio e seus compostos, à semelhança dos raios x, excitam a fluorescência e descarregam os corpos eletrizados.

Poucos meses após a descoberta de Becquerel, a Sra. Curie demonstrava que o tório e seus compostos comportavam-se como o urânio. Os raios emitidos por estas substâncias passaram a ser chamados 'raios de Becquerel', tendo-se dado o nome de SUBSTÂNCIAS RADIOATIVAS a todas aquelas que os emitem." (PÁDUA DIAS, 1920, p. 305-306, grifo do autor)

¹⁶ "A descoberta da radioatividade abalou profundamente as ideias clássicas sobre matéria, energia, força e até mesmo sobre o tempo e o espaço." (ROMANO, 1929, p. 282)

¹⁷ "Em conclusão: a mecânica clássica representa uma aproximação da mecânica geral. Nesta última, todas as grandezas dependem da velocidade, conforme reclama a dinâmica dos elétrons, cuja velocidade mínima anda por 1/10 de velocidade da luz, por segundo." (ROMANO, 1928, p. 6)

¹⁸ "Do exposto se conclui principalmente: que a mecânica einsteiniana não estabelece oposição alguma à antiga mecânica de Galileu e Newton, porquanto aquela mecânica não é mais do que a mecânica clássica adaptada aos movimentos muito rápidos e muito prolongados, constituindo, assim, um desenvolvimento ou, antes, um aperfeiçoamento da mecânica clássica. Resulta, pois, esta mecânica ser válida em primeira aproximação, o que equivale a dizer que *serve perfeitamente às aplicações e mecanismos que interessam à vida quotidiana, deixando de servir, apenas, quando se trata de grandezas de ordem superior*, como podem ser: as velocidades próximas da velocidade da luz, as grandes massas astrais, os movimentos prolongados durante centenas e milhares de séculos etc., porque, para estes casos, as leis newtonianas são deficientes, tendo de ser substituídas pelas da mecânica relativista." (ROMANO, 1928, p. 315-316, grifo do autor)

Observamos que, na maioria dos casos, os trechos que ilustram a categoria histórica são de ênfase factual e contêm basicamente datas com as descobertas de alguns temas da física moderna de ordem cronológica e aspectos biográficos de cientistas.

Para a exposição dos conteúdos da Teoria da Relatividade observamos a presença do processo de construção dos conceitos físicos. Esse conteúdo presente apenas no livro de Romano contempla aspectos da evolução histórica da Mecânica Newtoniana como uma limitação da Einsteiniana.

4.3. A categoria matemática

Nesta categoria estão presentes trechos que ilustram a forma como a Matemática é tratada nesses livros didáticos para o tema da física moderna. Identificamos ênfases distintas na forma como a Matemática é apresentada: em alguns casos, há o uso de Matemática textual e descritiva; em outros, percebemos o uso de exemplos; e ainda há casos em que a Matemática é usada para realizar deduções.

Excertos que ilustram a categoria matemática com ênfase textual e descritiva são destacados a seguir:

A lei de absorção de radiação X simples em função da espessura do meio atravessado é a mesma que para qualquer outra radiação [...]. A opacidade de um corpo para os raios X aumenta com o peso atômico do corpo; o chumbo é muito opaco; já o alumínio é transparente como a madeira.¹⁹
(GANOT, 1918, p. 978, tradução nossa)

¹⁹ “Lois de l’absorption des rayons X. – La loi de l’absorption d’une radiation X simple, em fonction de l’épaisseur Du milieu traversé, est la même que pour toute autre radiation [...].

Em outre MM. Benoist et Hurmuzescu ont montré que l’opacité d’un corps simple, pour lès rayons X, croît avec Le poids atomique de ce corps; ainsi Le plomb (Pb = 207) est très opaque, tandis que l’alluminium (Al = 27) est transparente comme le bois.” (GANOT, 1918, p. 978)

Os raios alfa têm massa 4 vezes superior a do átomo de hidrogênio e estão animados de uma velocidade média igual a 1/10 da velocidade da luz.

[...]

A massa relativamente grande destas partículas faz com que o seu poder de penetração seja muito menor que o dos raios β , bastando uma simples e delgada lâmina de vidro para detê-los completamente.²⁰ (ROMANO, 1928, p. 284)

Estes raios [os raios β] são análogos aos raios catódicos [...] e podem atingir a velocidade da luz. Além disso, os raios β são muito mais penetrantes.²¹ (ROMANO, 1928, p. 285)

Os raios X têm uma extraordinária força de penetração para um grande número de corpos opacos. O papel, branco e preto, a madeira, a cera, o vidro, a parafina, o carvão, a ebonite, etc., são muito transparentes para estes raios, mas tanto menos quanto mais espessos forem os corpos.²² (ROMANO, 1928, p. 280-281)

²⁰ “Os raios α têm massa 4 vezes superior à do átomo de hidrogênio e estão animados de uma velocidade média igual a da velocidade da luz.

Sabendo-se que a carga elétrica das partículas é dupla da dos íons de hidrogênio, e sendo o peso atômico das partículas igual a 4, que é precisamente o peso atômico do hélio, é se levado a admitir que *estas partículas são átomos de hélio com duas cargas elétricas positivas*, o que aliás a experiência direta confirma.

A massa relativamente grande destas partículas explica o seu pequeno desvio e faz com que o seu poder de penetração seja muito menor que o dos raios β , bastando uma simples e delgada lâmina de vidro para os deter completamente.” (ROMANO, 1928, p. 284, grifo do autor)

²¹ **“Raios β .**

Estes raios são análogos aos raios catódicos e constituem um feixe heterogêneo, pois que as suas partículas não têm todas a mesma velocidade (*de 100.000 a 290.000 km por segundo*).

Consequentemente a única diferença entre os raios β e os raios catódicos *está em a velocidade daqueles ser muito maior*, pois atinge a da luz (300.000 kil.). Além disso, os raios β são muito mais penetrantes.” (ROMANO, 1928, p. 285)

²² “Os raios X têm uma extraordinária força de penetração para um grande número de corpos opacos. O papel, branco e preto, a madeira, a cera, o vidro, a parafina, o carvão, a ebonite, etc., são muito transparentes para estes raios, mas tanto menos quanto mais espessos forem os corpos. Outros corpos são para eles opacos, podendo citar-se por ordem crescente de opacidade a água, os ossos, o marfim, o quartzo, o sal-gema, o enxofre, o ferro, o aço, o cobre, o latão, o mercúrio, e o chumbo.” (ROMANO, 1928, p. 280-281)

A faculdade de penetração dos raios X é tanto maior quanto mais leves são os corpos atravessados, ou o que lhe é equivalente: os elementos de peso atômico elevado, como o chumbo e a platina, são os mais absorventes.²³ (ROMANO, 1928, p. 281)

Excertos que ilustram a categoria matemática com ênfase na utilização de exemplos são destacados a seguir:

Os compostos de rádio emitem continuamente calor. Um grama de rádio desprende 118 calorias por hora.²⁴ (PÁDUA DIAS, 1920, p. 306)

O desprendimento de energia que acompanha a radioatividade explica-se pela desagregação dos átomos dos elementos radioativos. Portanto, cada átomo deve possuir uma energia considerável. De fato, assim é, e a velocidade de algumas partículas emitidas pelo rádio atinge 280.000 quilômetros por segundo.

Supondo, porém, que essa velocidade fosse apenas de 100.000 km por segundo, um grama de rádio completamente dissociado desenvolveria uma energia:

$$W = \frac{1}{2} X mv^2 = 6.800.000.000 \text{ H. P.}$$

Uma tal quantidade de energia faria circular um trem de mercadorias, de 40 carruagens de 12 toneladas e meia cada uma, com velocidade de 30 quilômetros por hora, sobre uma via horizontal de comprimento igual a quatro vezes e um quarto da circunferência do nosso globo.²⁵ (ROMANO, 1928, p. 286)

²³ “A faculdade de penetração dos raios X é tanto maior quanto mais leves são os corpos atravessados, ou o que lhe é equivalente: os elementos de peso atômico elevado, como o chumbo e a platina, são os mais absorventes.” (ROMANO, 1928, p. 281)

²⁴ “Os compostos de rádio emitem continuamente calor. Um grama de rádio desprende 118 calorias por hora.” (PÁDUA DIAS, 1920, p. 306)

²⁵ “O desprendimento de energia que acompanha a radioatividade explica-se pela desagregação dos átomos dos elementos radioativos. Portanto, cada átomo deve possuir uma energia considerável. De fato, assim é, e a velocidade de algumas partículas emitidas pelo rádio atinge 280.00 quilômetros por segundo.”

Supondo, porém, que essa velocidade fosse apenas de 100.000 km por segundo, um grama de rádio completamente dissociado desenvolveria uma energia

A lei de decaimento da atividade [...]: *A atividade do elemento diminui a metade com o tempo de maneira sucessiva.* Por exemplo, se a atividade diminui em cerca de quatro dias, após 4, 8, 12, 16,... dias será reduzida para $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$,... Cerca de mês depois a atividade deste elemento praticamente desaparece.²⁶ (GANOT, 1918, p. 990-991, grifo do autor, tradução nossa)

Identificamos que, em alguns casos, essas duas ênfases (textual com exemplos) encontram-se presentes nos trechos como os destacados a seguir:

Espontaneidade das transformações radioativas – Energia atômica: [...] A libertação de energia que acompanha a radioatividade é devida à desintegração de átomos de elementos radioativos. Assim, em um ano, um grama de rádio libera $132 \times 24 \times 365 = 1,15 \times 10^6$ calorías.

[...]

A destruição de um grama de rádio, por conseguinte, dá uma energia equivalente a $2500 \times 1,15 \times 10^6 = 2,9 \times 10^9$ calorías [...].²⁷ (GANOT, 1918, p. 995, tradução nossa)

Uma tal quantidade de energia faria circular um trem de mercadorias de 40 carruagens de 12 toneladas e meia cada uma, com a velocidade de 30 quilômetros por hora, sobre uma via horizontal de comprimento igual a quatro vezes e um quarto a circunferência do nosso globo.” (ROMANO, 1928, p 286)

²⁶ “LOI DE DÉCROISSANCE DE L'ACTIVITÉ. – La loi suivant laquelle l'activité d'un corps s'affaiblit avec le temps est très simple: L'activité d'un élément diminue de moitié dans des temps successifs égaux. Par exemple, l'activité de l'émanation diminue de moitié em 4 jours environ; au bout de 4, 8, 12 e 1, ... jours, ele est done réduite à Après un mois environ ele a pratiquement disparu.” (GANOT, 1918, p. 990-991, grifo do autor)

²⁷ “Spontanéité des transformations radioactives. – Énergie atomique. – Um des caracteres fondamentaux de la radioactivité est as spontanéité. Différentes actions chimiques (l'oxidation du phosphore, par exemple) peuvent donner à um corps la propriété d'ioniser les gaz et de produire la phosphorescencem, mais lles se distinguent de la radioactivité par l'intervention de causes extérieoures au corps. Au contraire, les phénomènes de radioactivité sont spontanés et on n'a p uni les ralentir, ni les accélérer. Ainsi les variations de température, que ont um effet très marque sur la vitesse des réactions cimiques, n'ont aucune influence sur la radioactivité.

Le dégagemente d'énergie, que accompagne la radioactivité, s'explique par la désagrégation ou désintégration des atomes des éléments radioactifs. On doit alors admettre que chaque atome possède em lui-même une énergie considérable [...]. Ainsi, en un na, 1 gramme de radium dégage $132 \times 24 \times 365 = 1,15 \times 10^6$ _calories_, alors qu'il ne s'est détruit que $\frac{1}{2500}$ gramme de radium. La destruction d'un gramme de radium donne done une énergie équivalente à $2500 \times 1,15 \times 10^6 = 2,9 \times 10^9$ _calories_, soit 3 milliards de calorías environ, de qui est à peu près la

A mais notável descoberta da radioatividade foi feita por M. e Madame Curie, que descobriram na pechblenda dois novos metais: o *polônio*, análogo ao bismuto, e o *rádio*, análogo ao bário, possuindo ambos, e os seus sais, a *radioatividade* 100.000 vezes mais intensa que o urânio [...].²⁸ (NOBRE, 1925, p. 672, grifo do autor)

Excertos que ilustram a categoria matemática com ênfase na dedução são destacados a seguir:

[sobre a relatividade restrita]: [...] *anulado o princípio da conservação da massa e substituído pelo da conservação da energia, verifica-se que a massa cresce com a velocidade do corpo*. Na equação que traduz a lei, entra como fator de um dos termos o coeficiente da contração de Lorentz. Assim, a massa de um corpo é igual à massa inicial a dividir pelo termo da contração, de modo que, à medida que a velocidade do corpo tende para a velocidade da luz, o coeficiente tende para zero e, *por consequência, a massa cresce indefinidamente*. Isto vem confirmar que a velocidade da luz é uma velocidade limite, porque, para se transmitir ao corpo tal velocidade, seria preciso fornecer-lhe uma quantidade infinita de energia.²⁹ (ROMANO, 1928, p. 312, grifo do autor)

No trecho anterior, percebemos que ele retrata a transformação de Lorenz em linguagem verbal.

[sobre a relatividade geral]: *A lei de atração universal de Newton, segundo a qual os corpos se atraem na razão direta das massas e na razão inversa do*

chaleur dégagée par la combustion de 400 kilogrammes de houille.” (GANOT, 1918, p. 995, grifo do autor)

²⁸ “A mais notável descoberta da radioatividade foi feita por *M. e Mme. Curie*, que descobriram na pechblenda dois novos metais: o *polônio* análogo do bismuto, e o *rádio* análogo do bário, possuindo ambos, e os seus sais, *radioatividade* 100.000 vezes mais intensa que o urânio, emitindo permanentemente energia que pôde ser comunicada a substâncias inertes (radioatividade induzida).” (NOBRE, 1925, p. 672, grifo do autor)

²⁹ “*E anulado o princípio da conservação da massa e substituído pelo da conservação da energia, porquanto a massa cresce com a velocidade do corpo*. Na equação que traduz a lei, entra como fator de um dos termos o coeficiente da contração de Lorentz. Assim, a massa de um corpo é igual à massa inicial a dividir pelo termo da contração, de modo que, à medida que a velocidade do corpo tende para a velocidade da luz, o coeficiente tende para zero e, *por consequência, a massa cresce indefinidamente*. Isto vem confirmar que a velocidade da luz é uma velocidade limite, porque, para se transmitir ao corpo tal velocidade, seria preciso fornecer-lhe uma quantidade infinita de energia.” (ROMANO, 1928, p. 312, grifo do autor)

*quadrado das distâncias, torna-se, na mecânica relativística, ambígua e pouco nítida, visto as massas dos corpos não serem constantes como pensava Newton, mas sim variarem com as velocidades que lhe são peculiares.*³⁰ (ROMANO, 1928, p. 314, grifo do autor)

Já no trecho anterior, a linguagem verbal descreve a lei da gravitação universal. Dessa forma, assim como as ênfases anteriores, também conseguimos identificar que na de dedução existem trechos com elementos característicos de outras ênfases, como a textual, ao representar a desintegração dos elementos radioativos (transmutação dos elementos) e a energia liberada:

[sobre a desintegração das substâncias radioativas]: Rutherford, tendo em vista a emissão incessante de partículas que as substâncias radioativas apresentam, admite que os átomos dessas substâncias vão se desintegrando lentamente em átomos mais simples. Os novos átomos assim formados, sendo também geralmente instáveis, se subdividem até que uma forma estável seja alcançada. Segundo este ponto de vista, o rádio é um dos termos intermediários da desintegração do urânio, cujo termo final seria o chumbo.³¹ (PÁDUA DIAS, 1920, p. 307)

Nos livros didáticos analisados percebemos que para o tema da física moderna há ênfases distintas na forma como a Matemática se apresenta. Diferentemente do que Nicioli Junior (2007) observou para os conteúdos de Cinemática, em que a algebrização do conteúdo estava presente em livros do

³⁰ “*A lei da atração universal de Newton, segundo a qual os corpos se atraem na razão direta das massas e na razão inversa do quadrado das distâncias, torna-se, na mecânica relativista, ambígua e pouco nítida, visto as massas dos corpos não serem constantes, como pensava Newton, e variarem com as velocidades que lhe são peculiares.* Segundo Weyl, cada variação da distribuição da matéria gera uma ação gravitacional, que se propaga no espaço com a velocidade da luz. As massas oscilantes geram ondas gravitacionais. Weyl atribui à velocidade com que se propagam as ondas gravitacionais, no espaço, a velocidade da luz, ao passo que outros cientistas e, entre eles, Laplace lhe conferem uma velocidade superior, milhões de vezes, à velocidade da luz. Por isso, afirmar com segurança que a velocidade gravitacional é maior que a da luz – quando Lorentz e Einstein estabelecem que esta velocidade não pode ser excedida – é proferir uma asserção gratuita que, mais tarde, a experiência pode contradizer.” (ROMANO, 1928, p. 314, grifo do autor)

³¹ “*DESINTEGRAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS RADIOATIVAS. Rutherford, tendo em vista a emissão incessante de partículas que as substâncias radioativas apresentam, admite que os átomos dessas substâncias vão se desintegrando lentamente em átomos mais simples. Os novos átomos assim formados, sendo também geralmente instáveis, se subdividem por sua vez, e o processo vai assim se repetindo até que uma forma estável seja alcançada. Segundo este ponto de vista, o rádio é um dos termos intermediários da desintegração do urânio, cujo termo final seria o chumbo.*” (PÁDUA DIAS, 1920, p. 307, grifo do autor)

período de 1810 a 1930, na física moderna o predomínio é maior para a apresentação textual e descritiva desses conteúdos, à utilização das ênfases de exemplos e deduções, sendo que as deduções quando presentes se utilizaram da linguagem verbal.

4.4. A categoria experimental

Nesta categoria estão presentes trechos que ilustram aspectos experimentais na Física. Novamente identificamos ênfases distintas nesta categoria: uma remete à descrição de equipamentos; a outra trata do relato de experimentos.

A descrição de equipamento é observada com o uso da ampola e do tubo de Crookes, que ilustram o processo de produção dos raios X:

Figura 4.1: Começando pela esquerda: Romano (1928, p. 280, esquerda, e p. 281, do meio) e Pádua Dias (1920, p. 302 e 305).

Se num tubo de Crookes empregarmos um catodo côncavo [...], que concentre entre os raios uma pequena lâmina de platina [...], esta se aquece fortemente, e emite radiações particulares, descobertas em 1895 pelo físico alemão *Röntgen* que lhes deu o nome de *raios X*.³² (PÁDUA DIAS, 1920, p. 303, grifo do autor)

³² “**Raios X.** – Si n’um tubo de Crookesa empregarmos um catodo côncavo C [...] que concentre os raios sobre uma pequena lâmina de platina P, esta se aquece fortemente e emite radiações particulares, descobertas em 1895 pelo físico alemão *Röntgen* que lhes deu o nome de *raios x*.” (PÁDUA DIAS, 1920, p. 303, grifo do autor)

Obtêm-se estes raios [os raios X] com o auxílio de ampolas de Crookes em que os raios catódicos são concentrados sobre uma pequena placa de platina ou de tungstênio [...].³³ (FREITAS, 1936, p. 154)

Figura 4.2: Ganot (1918, p. 974, à esquerda, e p. 979, à direita).

Figura 4.3: Nobre (1925, p. 672, à esquerda, e p. 673, à direita).

No livro de Ganot, identificamos outro equipamento, o *radiocrômetro*, usado para medir o grau de penetração da radiação:

Para avaliar convenientemente a radiação penetrante de uma lâmpada, é empregue radiocrômetro do Sr. Benoist. Instrumento este formado por um disco de prata, rodeado por zonas 12 de alumínio, cuja espessura aumenta de 1 milímetro a 12 milímetros, que é colocada contra a placa fotográfica ou tela fluorescente. O que observamos é qual o setor que tem a mesma cor

³³ “Obtêm-se estes raios com o auxílio de ampolas de Crookes em que os raios catódicos são concentrados sobre uma pequena placa de platina ou de tungstênio P[...]” (FREITAS, 1936, p. 154)

do disco central; sua posição ou número de espessura dá o grau de penetração dos raios.³⁴ (GANOT, 1918, p. 980, tradução nossa)

Já no livro de Pádua Dias, há a descrição do *espintariscópio*, equipamento capaz de mostrar as partículas que são continuamente projetadas pelo rádio:

Espintariscópio: Este pequeno instrumento, imaginado em 1903 por W. Crookes, serve para mostrar que o rádio está continuamente projetando, de si, partículas animadas de enormes velocidades.

O rádio é luminoso no escuro e, em presença de certas substâncias, como o sulfureto de zinco, torna-se fosforescente. No *espintariscópio* [...], uma partícula R de rádio é colocada a um milímetro de distância do anteparo S, coberto de sulfureto de zinco, e que se olha através de uma lupa L, dando uma amplificação de 10 a 20 vezes o diâmetro.

A fosforescência suave e contínua do anteparo, quando é vista a olho nu, resolve-se pelo microscópio em milhares de minúsculos relâmpagos. Tem-se a impressão de que o anteparo está sendo bombardeado por uma chuva incessante de projéteis cujo choque é assinalado por uma centelha luminosa como a que se tira da pederneira, bombardeando com o fuzil. Essas minúsculas centelhas são atribuídas aos choques das partículas alfa contra o anteparo.³⁵ (PÁDUA DIAS, 1920, p. 306-307, grifo do autor)

³⁴ “Pour évaluer commodément le *pouvoir pénétrant* du rayonnement d’une ampoule, on emploie le *radiochromomètre* de M. Benoist. Cet instrument est formé d’un disque d’argent, entouré de 12 secteurs d’aluminium, don’t l’épaisseur croit de ‘millimeter á 12 millimètres [...]; on le place contre la plaque photographique u l’écran fluorescent. On observe quell est le secteur qui présente lá memo temte que le disque central; son rang ou son numéro d’épaisseur, donne de *degré radiochromométrique des rayons*.” (GANOT, 1918, p. 980)

³⁵ “ESPINTARISCÓPIO. Este pequeno instrumento, imaginado em 1903 por W. Crookes, serve para mostrar que o rádio está continuamente projetando, de si, partículas animadas de enormes velocidades.

O rádio é luminoso no escuro e, em presença de certas substâncias, como o sulfureto de zinco, torna-se fosforescente. No *espintariscópio* [...], uma partícula R de rádio é colocada a um milímetro de distância do anteparo S, coberto de sulfureto de zinco, e que se olha através de uma lupa L, dando uma amplificação de 10 a 20 vezes o diâmetro.

A fosforescência suave e contínua do anteparo, quando é vista a olho nu, resolve-se pelo microscópio em milhares de minúsculos relâmpagos. Tem-se a impressão de que o anteparo está sendo bombardeado por uma chuva incessante de projéteis cujo choque é assinalado por uma centelha luminosa como a que se tira da pederneira, batendo com o fuzil. Essas minúsculas centelhas são atribuídas aos choques de partículas *alfa* contra o anteparo.” (PÁDUA DIAS, 1920, p. 306-307, grifo do autor)

A ênfase no relato experimental é observada na descrição dos experimentos realizados a partir dos eclipses de 1919 e 1922, que serviram para comprovação da Teoria da Relatividade Geral, presente apenas no livro de Romano:

O raio de luz, emitido por estrela, curva-se [...], sofrendo um desvio equivalente a $1'',74$ de arco, conforme Einstein.

[...] no decurso do eclipse solar total de 29 de maio de 1919. O valor médio dos desvios observados foi de cerca de $1'',79$, o que coincide notavelmente com o valor previsto por Einstein.

[...] Medidas recentes efetuadas [...], tiradas no eclipse total do Sol de 20 de setembro de 1922, observado na Austrália, corroboram também, por completo, os algarismos previstos por Einstein, os valores do desvio calculados, tem valor médio de $1'',74$.³⁶ (ROMANO, 1928, p. 312)

Novamente percebemos que há ênfases distintas na categoria experimental. A descrição de equipamentos e o relato de experimentos constam dos livros didáticos analisados.

A descrição detalhada de equipamentos utilizados para estudar conteúdos de física moderna é comum em livros didáticos do período, visto que tais equipamentos não existiam no Brasil, tornando-se necessário descrevê-los ao máximo (WUO, 2000; NICIOLI JUNIOR, 2007). Já o relato de experimentos foi identificado apenas no tema da Relatividade, no livro de Romano, ao apresentar a observação do eclipse de 1922, usado como confirmação da Teoria da Relatividade Geral.

³⁶ “O raio de luz, emitido por uma estrela, curva-se ao rasar a coroa solar, isto é, deixa de se propagar em linha reta, sofrendo desvio equivalente a $1'',74$ de arco, conforme Einstein, ao passar tangencialmente ao disco solar; o que não admira, se atendermos a que a gravitação exerce uma influência sobre a luz, que é uma verdadeira massa pesada. Para um observador, situado no Sol, o raio luminoso tomará a forma de uma hipérbole, ao passo que, para um observador situado na Terra, descreverá uma tangente a essa hipérbole.

Não obstante a exiguidade do efeito, a precisão dos resultados apontados foi verificada cabalmente pelos astrônomos de Greenwich e Oxford, no decurso do eclipse solar total de 29 de maio de 1919. O valor médio dos desvios observados foi cerca de $1'',79$, o que coincide notavelmente com o valor previsto por Einstein.

Medidas recentes efetuadas sobre três grupos de chapas fotográficas, tiradas no eclipse total do Sol de 20 de Setembro de 1922, observado na Austrália, corroboram também, por completo, os algarismos previstos por Einstein, porquanto dos desvios calculados dão, para valor médio, $1'',74$.” (ROMANO, 1928, p. 312)

4.5. A categoria aplicativa tecnológica

Nesta categoria estão presentes exemplos sobre a utilização da descrição de um produto, mas diferentemente da categoria anterior aqui utilizamos excertos que estão direcionados à aplicabilidade na Medicina.

Ilustram essa categoria o tema da aplicação dos Raios X com a menção e a utilização de figuras de radiografias e os usos desse tipo de radiação:

Compreende-se facilmente que o conjunto das singulares propriedades dos raios X os torne de um extraordinário valor, especialmente para as ciências médicas e cirúrgicas.

Fazendo atravessar o corpo humano pelos raios X e recebendo depois estes num alvo de platino cianureto de bário, subtraída à ação da luz por um invólucro de papel preto, desenhar-se-á no alvo ou na chapa depois da revelação a sombra geométrica do esqueleto do experimentador, em virtude dos raios não sofrerem reflexão nem refração nos corpos que atravessam.³⁷ (ROMANO, 1928, p. 281)

[...] as radiografias [...] podem mostrar os defeitos do esqueleto, examinar fraturas [...].³⁸ (GANOT, 1918, p. 979, tradução nossa)

Um objeto opaco aos raios X, sendo colocado entre o tubo produtor destes raios e um anteparo de vidro coberto de platino cianureto de bário, deixa ver a sua sombra sobre o fundo luminoso desse anteparo. Se esse objeto for o

³⁷ “Compreende-se facilmente que o conjunto dessas singulares propriedades torne os raios X de um extraordinário valor, especialmente para as ciências médico-cirúrgicas.

Fazendo atravessar o corpo humano pelos raios X e recebendo depois estes num alvo de platino cianureto de bário ou numa chapa fotográfica, subtraída à ação da luz por um invólucro de papel preto, desenhar-se-á no alvo ou na chapa depois da revelação a sombra geométrica do esqueleto do experimentador, em virtude dos raios não sofrerem reflexão nem refração nos corpos que atravessam.” (ROMANO, 1928, p. 281)

³⁸ “APPLICATIONS. – La radiographie est d’un usage constant, pour reconnaître les défauts du squelette, examiner les fractures les os et chercher la position des projectiles dans les tissus. Dans ce dernier cas, une seule image ne peut suffire; elle indique seulement que le projectile se trouve sur la droite qui joint son ombre à l’anticathode de l’ampoule. Plusieurs dispositifs précis et d’un maniement rapide ont été imaginés, pour repérer exactement la position du projectile, au moyen des images obtenues avec deux positions de l’ampoule.” (GANOT, 1918, p. 979)

corpo humano, percebem-se os ossos pela sua sombra muito escura, e as *partes moles*, mais transparentes, pela sombra menos intensa [...].

A radioscopia e a radiografia constituem um método de exploração do corpo humano, da maior utilidade para a medicina e cirurgia.³⁹ (PÁDUA DIAS, 1920, p. 304-305, grifo do autor)

Os raios X, quer emitidos pelas descargas elétricas nos tubos de Crookes, quer pelos corpos radioativos, particularmente pelo rádio, têm a propriedade de atuar sobre os tecidos orgânicos, provocando sérias perturbações que podem ir até a destruição completa dos tecidos. Esta propriedade, se por um lado torna perigosos os raios X, tem por outro permitido o seu emprego no tratamento do câncer e outros tumores malignos.⁴⁰ (NOBRE, 1925, p. 674)

Os raios X atravessam os tecidos orgânicos e impressionam as chapas fotográficas [...]. São retidos, entretanto, pelas substâncias minerais como os ossos, os metais, etc. Eles permitem os médicos e principalmente aos cirurgiões fazer o diagnóstico de moléstias internas.⁴¹ (FREITAS, 1936, p. 154)

³⁹ “RADIOSCOPIA. Um objeto opaco aos raios x, sendo colocado entre o tubo produtor destes raios e um anteparo de vidro coberto de platino cianureto de bário, deixa ver a sua sombra sobre o fundo luminoso desse anteparo. Se esse objeto for o corpo humano, percebem-se os ossos pela sua sombra muito escura, e as *partes moles*, mais transparentes, pela sua sombra menos intensa. A fig. 278 [referência à figura 3.4.5.a] mostra como se pode, assim, examinar os ossos da mão. O observador olha pelo fluoroscópio ou radioscópio F, que é uma caixa de forma cônica, em cujo fundo fica o anteparo, que se torna fluorescente pela ação dos raios x.

A radioscopia e a radiografia constituem um método de exploração do corpo humano da maior utilidade para a medicina e cirurgia.” (PÁDUA DIAS, 1920, p. 304-305, grifo do autor)

⁴⁰ “Os raios X, quer emitidos pelas descargas elétricas nos tubos de Crookes, quer pelos corpos radioativos, particularmente pelo rádio, têm a propriedade de atuar sobre os tecidos orgânicos, provocando sérias perturbações que podem ir até a destruição completa dos tecidos. Esta propriedade, se por um lado torna perigosos os raios X, tem por outro permitido o seu emprego no tratamento do câncer e outros tumores malignos. A aplicação dos raios X em eletroterapia é uma operação delicada pela dificuldade de regular a *dose da irradiação* necessária para obter o efeito terapêutico sem afetar a integridade dos órgãos.” (NOBRE, 1925, p. 674)

⁴¹ “Os raios X atravessam os tecidos orgânicos e impressionam as chapas fotográficas, [...] são retidos, entretanto, pelas substâncias minerais como os ossos, os metais, etc. Eles permitem aos médicos e principalmente aos cirurgiões fazer o diagnóstico das moléstias internas.” (FREITAS, 1936, p. 154)

Apenas no livro didático de Nobre é possível encontrar indicações sobre possíveis perigos decorrentes do uso das substâncias radioativas:

A aplicação dos raios X em eletroterapia é uma operação delicada pela dificuldade de regular a *dose da irradiação* necessária para obter o efeito terapêutico sem afetar a integridade dos órgãos.

Alguns construtores de aparelhos de radiologia e médicos radiologistas têm sido vítimas da sua profissão.⁴² (NOBRE, 1925, p. 674, grifo do autor)

Complementando os textos anteriores, são usadas imagens de radiografias:

Figura 4.4: Começando pela esquerda: Pádua Dias (1920, p. 305), Ganot (1918, p. 978), Nobre (1925, p. 673) e Freitas (1936, p. 155).

Nesta categoria consideramos como exemplos a utilização da descrição de um produto que possui aplicabilidade na Medicina, diferente da categoria experimental, em que a descrição do equipamento possui sentido próprio na Física. O uso dos raios X na Medicina é o único utilizado nesta categoria por causa do seu fácil emprego na área médica.

⁴² “Os raios X, quer emitidos pelas descargas elétricas nos tubos de Crookes, quer pelos corpos radioativos, particularmente pelo rádio, têm a propriedade de atuar sobre os tecidos orgânicos provocando sérias perturbações que podem ir até a destruição completa dos tecidos. Esta propriedade, se por um lado torna perigosos os raios X, tem por outro permitido o seu emprego no tratamento do câncer e outros tumores malignos. A aplicação dos raios X em eletroterapia é uma operação delicada pela dificuldade de regular a dose da irradiação necessária para obter o efeito terapêutico sem afetar a integridade dos órgãos.

Alguns construtores de aparelhos de radiologia e médicos radiologistas têm sido vítimas da sua profissão.” (FREITAS, 1936, p. 154)

4.2. Considerações gerais sobre a análise

Na nossa análise dos conteúdos de física moderna em livros didáticos do início do século XX percebemos que há diferentes enfoques na exposição dos conteúdos. Neste item apresentamos uma breve análise dos resultados provenientes das categorias construídas.

No quadro 4.2, a seguir, expomos as principais categorias em cada tema da física moderna para os livros didáticos analisados.

Quadro 4.2: Categorias predominantes nos conteúdos de física moderna dos livros didáticos analisados

Conteúdos de física moderna	Ganot	Pádua Dias	Romano	Nobre	Freitas
Novos elementos	Matemática e experimental	Matemática e experimental	Histórica, matemática e experimental	-	-
Descarga elétrica em gases rarefeitos	Experimental	-	Experimental	-	Experimental
Ionização	Experimental	-	Experimental	-	-
Raios de Lenard	Histórica e experimental	-	Experimental	-	-
Raios catódicos	Experimental	Experimental	Histórica, matemática e experimental	Experimental	Experimental
Raios X	Histórica e experimental	Histórica	Histórica, matemática e experimental	Histórica e experimental	Histórica e experimental
Produção, propriedades e aplicações dos raios X	Experimental e aplicativa tecnológica	Experimental e aplicativa tecnológica	Matemática, experimental e aplicativa tecnológica	Experimental e aplicativa tecnológica	Experimental e aplicativa tecnológica
Radioatividade	Histórica, matemática, experimental e aplicativa tecnológica	Histórica e aplicativa tecnológica	Histórica, matemática, experimental e aplicativa tecnológica	Histórica, matemática, experimental e aplicativa tecnológica	-
Transmutação dos corpos radioativos	Matemática	Matemática	Histórica e matemática	-	-
Constituição da matéria	Matemática	Matemática	Matemática	-	-
Energia atômica	Matemática	Matemática	-	-	-
Teorias da luz	-	-	Histórica	-	-
Éter	-	-	Histórica	-	-
Teoria da	-	-	Histórica,	-	-

relatividade			matemática e experimental		
Teorias modernas da Física	-	-	Histórica, matemática, experimental e aplicativa tecnológica	-	-

A partir do quadro 4.2, é possível perceber que nos conteúdos de física moderna dos livros didáticos analisados as características predominantes são das categorias experimental e aplicativa tecnológica.

Uma análise mais geral do quadro 4.2, nos permite perceber que o enfoque dado ao tema, independe do livro analisado, com ressalva apenas para o livro de Romano, que possui outras ênfases predominantes dentro de um mesmo conteúdo.

O livro de Romano, que possui maior variedade dos conteúdos de física moderna, também os apresenta com ênfases distintas. Ganot e Pádua Dias também apresentam conteúdos variados, mas em quantidade menor, ao passo que os livros didáticos mais recentes (de Nobre e Freitas) são aqueles com menos conteúdos e que predominam as características das categorias histórica, experimental e aplicativa tecnológica.

Quanto à natureza histórica, na maior parte dos livros didáticos analisados foi identificada uma história factual, datada, utilizada como meio para introduzir um conteúdo.

Os conteúdos de Relatividade possuem uma abordagem diferente. Presente unicamente no livro de Romano, esse conteúdo apresenta elementos do processo de construção do conhecimento. Essa abordagem distinta parece indicar, diferentemente da apresentação em outros conteúdos (nos quais os conteúdos novos traziam novas concepções da área), mudanças no paradigma da Física, abalando a estrutura aceita na época, que era estruturado na Física clássica.

Os elementos quantitativos evidenciam uma Matemática que se apresenta de diferentes formas. Os conteúdos de física moderna mostram-se mais descritivos, mesmo quando se referem a conteúdos equacionáveis, como as transformações de Lorenz.

A ênfase na dedução verbal parece indicar um tratamento distinto na apresentação dos conteúdos de física moderna, seja em razão da ruptura de paradigma que os conceitos de Relatividade traziam, seja pelas justificativas de que sua algebrização depende de uma Matemática que não estava presente no currículo (diferentemente do que ocorria na Física clássica).

A descrição detalhada dos equipamentos, que ilustram a categoria experimental, é algo comum de ser encontrado em livros didáticos do período da nossa análise. Este resultado parece indicar uma tendência na ênfase do discurso e da retórica, ressaltando a importância de descrever a função e o funcionamento de equipamentos. O livro de Romano novamente se distingue por apresentar o relato da observação do eclipse de 1922 e contribuir com elementos do processo de construção do conhecimento, discutindo explicitamente a mudança de paradigma.

Exemplos da categoria aplicativa tecnológica são os mais comuns nos livros didáticos analisados. A educação nesse período (início do século XX) era destinada às elites, únicas que poderiam ingressar nos cursos superiores (basicamente em cursos das áreas de Engenharia, Medicina e Direito). Portanto, parecia ser comum a presença de conteúdos atrelados à aplicação tecnológica, tanto nos programas oficiais como nos livros didáticos.

Diante do potencial observado dos raios X e seu uso na Medicina, esses livros incorporaram, em sua maioria, um discurso otimista sobre o uso desse tipo de radiação, enfatizado nos conteúdos de física moderna. Apenas no livro de Nobre, há ressalvas sobre o uso desse tipo de radiação. Tal forma de apresentação parece evidenciar os benefícios da radiação na Medicina.

Considerações finais

Neste trabalho tivemos como objetivo estudar a presença de conteúdos de física moderna em livros didáticos de Física do início do século XX. Para isso, iniciamos com a revisão bibliográfica, a fim de entender o livro didático no contexto da pesquisa histórica, mas também com o objetivo de buscar trabalhos semelhantes ao nosso e tentar identificar neles informações sobre como selecionar os livros para análise e como realizar essa análise.

Nessa revisão bibliográfica, realizamos uma busca em teses, dissertações, artigos de revistas e em congressos de trabalhos que tenham realizado pesquisas históricas com livros didáticos. Classificamos esses trabalhos nas funções atribuídas aos livros didáticos conforme o desenvolvimento de Choppin (2004).

Nessa análise localizamos apenas 12 trabalhos, e boa parte deles foi desenvolvida pelo mesmo grupo de autores (Nicioli Junior, Nicioli Junior e Mattos, Sampaio e Sampaio e Dossantos). Outro aspecto importante foi perceber que a maioria dos trabalhos foi classificada, de acordo com Choppin (2004), nas funções referencial e ideológica e cultural, que têm como principais características atribuir aos livros didáticos um caráter curricular e considerá-los como um instrumento, um meio de compreender aspectos e elementos da sociedade em que foi concebido. Também conseguimos identificar essas duas funções no nosso trabalho, pois consideramos o livro como um material atrelado ao programa curricular vigente, que no período de análise foi o programa curricular do Colégio Pedro II.

Para buscar livros didáticos de Física do começo do século XX, foi preciso localizar materiais curriculares relevantes na história do ensino brasileiro que remetessem ao período de análise do nosso trabalho. Nesse contexto, um marco importante foi a construção do Colégio Pedro II e seus programas de ensino a partir de 1838, que acabou servindo de referência para os demais colégios do país.

Analizamos os 18 programas de ensino desse colégio, escritos no período de 1850 a 1951 e que foram sistematizados na pesquisa de Vechia e Lorenz (1998). Esses programas de ensino possuem informações importantes, tais como os

conteúdos que deveriam ser trabalhos em cada ano, a quantidade de aulas por semana de cada disciplina e as referências de livros didáticos para estudo.

Identificamos que foi no programa de 1915 que apareceram os primeiros conteúdos de física moderna e, em 1929, tivemos a sugestão de três livros didáticos de Física (dos autores Ganot, Romano e Pádua Dias). Seleccionamos esses três livros para análise e, para completar a amostra, escolhemos mais dois livros (dos autores Nobre e Freitas), a partir das pesquisas da área levantadas no primeiro capítulo deste trabalho.

Iniciamos nossa análise dos livros didáticos observando os aspectos gerais, como a formação dos autores e a estrutura gráfica dos livros.

No que se refere à formação dos autores, verificamos que eles tiveram formações distintas, mas todos eram da área científica (Ganot era formado em Ciências Físicas; Pádua Dias, em Engenharia Civil; Nobre, em Matemática; Romano, em Engenharia Química; e Freitas, em Farmácia), mas não necessariamente na disciplina do livro didático que eles escreveram. Romano apresenta em seu livro, alguns conceitos de física moderna que são trabalhados pela Química, o que parece indicar uma certa influência da sua formação.

No início do ensino de Física no Brasil, predominou o uso e a recomendação de livros didáticos franceses e dos modelos de ensino franceses. Além disso, boa parte dos autores de livros didáticos adotados no Brasil era francês. Um dos livros utilizados em nossa análise foi o livro de Ganot, um autor francês que teve muita influência nas obras de Física desenvolvidas por autores nacionais.

Quanto à estrutura gráfica dos livros didáticos analisados, verificamos que eles são semelhantes, pois eles se utilizam de ilustrações (de equipamentos e de experimentos, por exemplo) e fotos (de raios X) diagramados com o texto principal. No caso dos livros de Ganot, Pádua Dias, Nobre e Freitas, os conteúdos eram estruturados na forma de lições indicadas por números. A exceção é o livro de Romano, que distribuiu textos e imagens de forma integrada, com títulos e subtítulos.

Para a análise das características dos conteúdos de física moderna presentes nos livros didáticos, construímos categorias de análise (histórica, matemática, experimental e aplicativa tecnológica). Acreditamos que essas categorias ilustram de forma adequada a abordagem da física moderna nos livros didáticos analisados, mas sabemos que, por se tratar de uma pesquisa qualitativa, uma análise com outras perspectivas e outro olhar poderia resultar na construção de categorias diferentes.

Na categoria histórica predomina a menção de datas associadas à descoberta de um fenômeno ou com a utilização de biografias dos cientistas. Nos livros de Ganot e Pádua Dias, a forma de ilustrar essa categoria prioriza uma história atrelada a fatos de maneira descritiva. Já no livro de Romano, para o tema da Relatividade, foram encontrados exemplos que ilustram o processo de construção do conhecimento, como o da Mecânica clássica como uma particularidade da Mecânica relativística.

O livro de Nobre é o que menos apresenta elementos dessa categoria, uma vez que na edição analisada apenas cinco páginas (de um total de mais de 700) foram destinadas aos conteúdos de física moderna. Já o livro de Romano é o que mais contém elementos dessa categoria na ênfase da construção do conhecimento físico.

A história da Ciência configura-se atualmente como um campo de pesquisa muito vasto. Em livros didáticos podemos observar que a história da Ciência aparece de diversas formas, entre elas há a preocupação de trazer uma história internalista da própria Ciência, outra aborda elementos de uma história externalista e que considera importante apresentar questões históricas mais gerais.

Observamos que nos livros que foram analisados, com exceção do livro de Romano, o foco é apresentar elementos de uma história internalista, factual e datada. O livro didático de Romano aparece como um importante exemplo no uso de elementos históricos, de natureza social e de construção do conhecimento físico.

O uso de relações matemáticas, como frações e porcentagens (por exemplo, para apresentar a lei de decaimento radioativo), apresenta uma maneira distinta da abordagem quantitativa atual usada no ensino de Física. A ausência de exercícios

ou do uso de fórmulas e expressões matemáticas nesse período não é uma característica apenas do tema da física moderna, conforme apresentou Nicioli Junior (2007) para o tema da Cinemática. Nicioli Junior (2007) mostrou que esse tipo de tratamento (abordagem quantitativa e descritiva) era comum nos livros didáticos de Física desse período (final do século XIX e início do século XX).

Um dos argumentos utilizados hoje para a forma de exposição pouco quantitativa da física moderna nos livros didáticos atuais é a necessidade de uma linguagem matemática que não é tratada no ensino básico.

Wuo (2000), ao realizar uma pesquisa histórica de livros didáticos, comenta que a ênfase quantitativa só apareceu em livros didáticos da segunda metade do século XX em diante. Já Nicioli Junior (2007), ao analisar o conteúdo de Cinemática, indica que a algebrização desse tema ocorreu na década de 1920. Novamente tudo parece indicar uma forma diferenciada ao tratar os conteúdos de física moderna nos livros didáticos que analisamos, em que a ênfase matemática é mais comum no uso de exemplos e deduções, mas que predomina a linguagem verbal.

Nos livros de Ganot, Pádua Dias, Nobre e Freitas, a categoria experimental consiste na utilização da descrição de equipamentos para iniciar ou aprofundar a discussão de um fenômeno. Já no livro de Romano, há um relato do experimento realizado para a comprovação da Teoria da Relatividade (observação dos eclipses de 1919 e 1922), o que aponta para uma forma de apresentar o processo de construção das ideias da Ciência baseada em experimentos, que na maioria das vezes são utilizados para construir ou comprovar ideias científicas.

A abordagem descritiva para relatar os equipamentos utilizados na disciplina de Física foi muito comum nos livros didáticos dos séculos XIX e XX e percebida nos primeiros livros didáticos de autores nacionais, os chamados compêndios. Essa forma de apresentar e detalhar os equipamentos possuía uma dupla função: por um lado conferia à Física uma ênfase tecnológica; por outro, permitia aos alunos brasileiros o conhecimento dos equipamentos utilizados na área de Física da atualidade, que à época raramente existiam nos colégios nacionais.

Notamos ainda que os exemplos da categoria aplicativa tecnológica estão presentes nos cinco livros analisados, especialmente na relação com a Medicina, com a utilização das radiografias e dos estudos das radiações.

A utilização de elementos característicos da categoria aplicativa tecnológica parece querer conferir à disciplina de Física noções de outras áreas, especialmente da área médica. Isso pode ser também um reflexo das leis e decretos de ensino da época, que tinham por objetivo incentivar a inclusão de conteúdos mais relevantes ao contexto educacional do período (BARRA; LORENZ, 1986; GHIRALDELLI JUNIOR, 2009). O conteúdo de Radioatividade, por estar fortemente relacionado à aplicabilidade na Medicina, permitem uma abordagem de natureza descrita pela categoria aplicativa tecnológica.

Entre as categorias que foram construídas, as mais evidentes são a experimental e a aplicativa tecnológica, que parecem indicar uma forte tendência da época em inserir temas mais contemporâneos da Ciência e com conteúdos direcionados às aplicações tecnológicas. Esse fato também foi destacado na pesquisa de Wu (2003), ao concluir que os livros didáticos de Física do início do século XX tentavam aproximar a Física da tecnologia utilizando-se de elementos descritivos e qualitativos em detrimento dos elementos de natureza quantitativa.

De forma semelhante, esse fato também foi observado nas pesquisas de Sampaio (2004), Coimbra (2007) e Nicioli Junior (2007), que demonstraram que o período de transição entre os séculos XIX e XX é classificado como o período “enciclopédico” do ensino de Física. A maior parte dos livros didáticos desse período tinha um enfoque conceitual dos fenômenos, usando muitas vezes a descrição de equipamentos e a ausência de experimentos propostos.

Para finalizar, queremos tratar de três questões que principalmente nos chamaram a atenção no desenvolvimento deste trabalho.

A primeira refere-se à construção da nossa revisão bibliográfica, que trouxe uma pequena quantidade de trabalhos dessa natureza. Verificamos que a maior parte dos trabalhos que exploram essa área foi escrita pelos mesmos autores (Sampaio e Nicioli Junior). Nos trabalhos de revisão bibliográfica de pesquisas de livros didáticos com enfoque histórico, esse aspecto também foi ressaltado

(FRACALANZA, 1992; CORRÊA, 2000; CHOPPIN, 2004; HOSOUME *et al.*, 2011; MOREIRA, 2012). Choppin (2004) comenta ainda sobre a dificuldade de sistematizar essas pesquisas, pois elas estão espalhadas em várias áreas.

Outro dado importante destacado por Moreira (2012) se refere à localização temporal dessas pesquisas. A maior parte delas foi desenvolvida na última década (exceção dos trabalhos de Fracalanza, de 1992, e Wu, que defendeu sua dissertação em 1999). Se, por um lado, esse fato resulta em uma quantidade bem tímida de trabalhos sobre essa temática, por outro, possibilita uma gama de enfoques diferentes que podem ser pesquisados, tornando essa área um campo muito rico e que possui muito potencial.

Uma segunda questão trata dos conteúdos de física moderna presentes nos livros didáticos analisados. No período considerado para análise, outros conteúdos de física moderna já estavam em desenvolvimento na Física, como a Radiação de corpo negro, a Quantização de energia e a Relatividade. Entretanto, o conteúdo de Relatividade está presente apenas no livro de Romano e os demais conteúdos não apareceram em nenhum dos livros didáticos, nem mesmo no programa curricular do Colégio Pedro II. Percebemos isso conforme a leitura do quadro 4.2, onde podemos observar que não há, salvo algumas poucas exceções, uma variação na forma como os conteúdos são apresentados.

Na nossa análise percebemos que há um predomínio de conteúdos de física moderna mais técnicos, fortemente relacionados às aplicações tecnológicas da época. Conteúdos teóricos ou mais acadêmicos, que tratam da mudança da visão de mundo proporcionada pela física moderna, como a Radiação de corpo negro e a Quantização de energia, não foram abordados nesses livros, o que pode indicar uma concepção de ensino do período que tinha como um dos objetivos principais realizar uma formação mais técnica.

A última questão é uma retomada aos livros didáticos. Já ressaltamos em diversos momentos a influência francesa em livros didáticos e nos modelos de ensino adotados no Brasil. Uma questão é se a influência francesa no ensino ocorreu apenas no Brasil ou se ocorreu em outros países, uma vez que, outros

países como os Estados Unidos e a Alemanha, já tinham influência nas pesquisas das áreas científicas na época.

Acreditamos na necessidade de outras pesquisas desta natureza é urgente, pois elas podem contribuir significativamente na área de pesquisa em ensino de Física.

Referências

ALMEIDA JUNIOR, J. B. A. A evolução do ensino de física no Brasil. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 45-69, 1979.

_____. A evolução do ensino de física no Brasil. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 55-71, 1980.

ALVES, A. M. M. **Livro didático de matemática**: uma abordagem histórica. 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado em Educação) –Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.

ANDRADE, V. L. C. de Q. **Colégio Pedro II**: um lugar de memória. 1999. 205 f. Tese (Doutorado em História Social)–Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

APPLE, M. W. **Educação e poder**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1989.

_____. **Trabalho docente e textos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

BANDEIRA FILHO, F.; MARTINS, M. I. Exemplos e exercícios resolvidos em livros didáticos de física representativos do século XX. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 13., 2012, Maresias. **Atas...** Maresias, 2012.

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

BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil: período: 1950 a 1980. **Ciência e Cultura**, v. 38, n. 12, p. 1970-1983, dez. 1986.

BITTENCOURT, C. M. F. **Livro didático e conhecimento histórico**: uma história do saber escolar. 1993. 469 f. Tese (Doutorado em História Social) –Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

_____. Disciplinas escolares: história e pesquisa. In: OLIVEIRA, M. A. T.; RANZI, S. M. F. (Org.). **História das disciplinas escolares no Brasil**. Bragança Paulista: Editora da Universidade de São Francisco, 2003. p. 9-38.

BITTENCOURT, C. M. F. Autores e editores de compêndios e livros de leitura (1810-1910). **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 475-491, 2004a.

_____. Em foco: história, produção e memória do livro didático. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, apresentação, set./dez. 2004b.

BRASIL. Senado Federal. Decreto nº 19.890, de 18 de abril de 1931. Dispõe sobre a organização do ensino secundário. **Diário Oficial**, Brasília, DF, 01 maio 1931.

Disponível em:
<http://www.histedbr.fae.unicamp.br/navegando/fontes_escritas/5_Gov_Vargas/decreto%2019.890-%201931%20reforma%20francisco%20campos.htm>. Acesso em: 01 out. 2012.

_____. Lei nº 4.024/61, de 20 de dezembro de 1961. Fixa as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial**, Brasília, DF, 27 dez. 1961. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4024.htm>. Acesso em: 04 out. 2012.

_____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. **PCN+ ensino médio**: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília, DF: MEC/SEMTEC, 2002. 144 p.

CASSAB, M. A produção em história das disciplinas escolares pela escrita de pesquisadores brasileiros. **Revista Brasileira de História da Educação**, Campinas, v. 10, n. (2)23, p. 225-251, maio/ago. 2010.

CASSIANO, C. C. de F. Reconfiguração do mercado editorial brasileiro de livros didáticos no início do século XXI: história das principais editoras e suas práticas comerciais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 281-312, jul./dez. 2005.

CHERVEL, A. História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisa. **Teoria e Educação**, Porto Alegre, v. 2, p. 177-229, 1990.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004.

_____. O historiador e o livro escolar. **História da Educação**, Pelotas, v. 11, p. 5-24, abr. 2002.

CONCEIÇÃO, M. T. O lugar das fontes documentais nos livros didáticos de 1ª a 4ª séries: novas possibilidades de práticas e renovação do ensino de história? In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL LIVRO DIDÁTICO: EDUCAÇÃO E HISTÓRIA, 2007, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Centro de Memória da Faculdade de Educação da USP, 2007.

COIMBRA, S. G. **A formação de uma cultura científica no ensino médio: o papel do livro didático de física.** 2007. 187 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências)–Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CORRÊA, R. L. T. O livro escolar como fonte de pesquisa em história da educação. **Cadernos do CEDES**, Campinas: Unicamp, v. 52, p. 11-24, 2000.

DALLABRIDA, N. A reforma Francisco de Campos e a modernização nacionalizada do ensino secundário. **Educação: Porto Alegre**, v. 32, n. 2, p. 185-191, maio/ago., 2009.

DORIA, E. **Memória histórica do Colégio Pedro Segundo (1837-1937).** 2. ed. Brasília, DF: INEP, 1997.

ERROBIDART, N. C. G.; GOBARA, S.; JARDIM, M. I. A. Conceito de ondas sonoras em livros didáticos do ensino secundário brasileiro de 1927 a 1959. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11., 2008, Curitiba. **Atas...** Curitiba, 2008.

FAGUNDES, M. B. Novos modelos de cursos de licenciatura e a opção pela carreira docente. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 13., 2011, Foz do Iguaçu. **Atas...** Foz do Iguaçu, 2011.

FLORES, I. E. **Livros didáticos de física nas primeiras décadas do século XX: estudo preliminar sobre concepções de ciência e ensino.** 2010. 59 f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência)–Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

FONTINELES, F. S. Páginas na memória: **Livros didáticos e narrativas de experiências escolares no Brasil: 1937-1956.** 2010. 246 f. Dissertação (Mestrado em Educação)–Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

FORQUIM, J. C. **Escola e cultura**: as bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

FRANCALANZA, H. **O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de ciências no Brasil**. 1992. 293 f. Tese (Doutorado em Educação) –Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1992.

FREITAG, B.; MOTTA, V. R.; COSTA, W. F. **O estado da arte do livro didático no Brasil**. Brasília, DF: INEP, 1987.

GARCIA, P. S. Uma análise das pesquisas sobre o livro didático na área de ciências. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL LIVRO DIDÁTICO: EDUCAÇÃO E HISTÓRIA, 2007, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Centro de Memória da Faculdade de Educação da USP, 2007.

GASPARELLO, A. M. **Construtores de identidades**: os compêndios de História do Brasil do Colégio Pedro II (1838-1920). 2002. 305 f. Tese (Pós-Graduação em Educação: História, Política, Sociedade) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2002.

_____. O livro didático entre práticas e saberes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL LIVRO DIDÁTICO: EDUCAÇÃO E HISTÓRIA, 2007, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Centro de Memória da Faculdade de Educação da USP, 2007.

GHIRALDELLI JUNIOR, P. **História da educação brasileira**. São Paulo: Cortez, 2009.

GOODSON, I. **Currículo**: teoria e história. Petrópolis: Vozes, 1999. 137 p.

HOSOUME, Y.; LEITE, C.; DEL CARLO, S. Ensino de astronomia no Brasil: 1850-1951: um olhar pelo Colégio Pedro II. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 12, n. 02, p. 189-204, 2010.

HOSOUME, Y. et al. Um panorama das pesquisas em livros didáticos de física a partir dos resumos de teses e dissertações. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 13., 2011, Foz do Iguaçu. **Atas...** Foz do Iguaçu, 2011.

JULIA, D. A cultura escolar como objeto histórico. **Revista Brasileira de História da Educação**, Campinas, n. 1, p. 9-43, 2001.

KARAM, R.; PIETROCOLA, M. Formalização matemática x física moderna no ensino médio: é possível solucionar esse impasse? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM FÍSICA, 11., 2008, Curitiba. **Atas...** Curitiba, 2008.

KARAM, R. A. S. Relatividades no Ensino Médio: O debate em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 105-114, 2007.

LAJOLO, M. Livro didático: um (quase) manual de usuário. **Em Aberto**, Brasília, ano 16, n. 69, p. 3-9, jan./mar. 1996.

LORENZ, K. M. Os livros didáticos e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no século XIX. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 3, n. 38, p. 426-435, 1984.

_____. Relatório do projeto: os livros didáticos de ciências para o ensino secundário brasileiro do século XIX. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL LIVRO DIDÁTICO: EDUCAÇÃO E HISTÓRIA, 2007, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Centro de Memória da Faculdade de Educação da USP, 2007.

MARTINS, L. A-C. História da ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, I.; HOSOUME, Y. Livros didáticos de física no Brasil: editoras, autores e conteúdos disciplinares: da Reforma Capanema à LBD de 1996. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL LIVRO DIDÁTICO: EDUCAÇÃO E HISTÓRIA, 2007, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Centro de Memória da Faculdade de Educação da USP, 2007.

MARTINS, V. R.; LEITE, C. Livros didáticos de física: um olhar para a física moderna e contemporânea. In: XIII ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2011, Foz do Iguaçu. **Atas...** São Paulo, 2011.

MARTINS, V. R.; LEITE, C.; FAGUNDES, M. B. A física moderna no currículo do Colégio Pedro II: 1912-1950. In: COLÓQUIO SOBRE QUESTÕES CURRICULARES, 10., COLÓQUIO LUSO BRASILEIRO DE CURRÍCULO, 6., 2012, Belo Horizonte. **Atas...** Belo Horizonte, 2012.

MOREIRA, K. H.; SILVA, M. O livro didático em pesquisas acadêmicas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL LIVRO DIDÁTICO: EDUCAÇÃO E HISTÓRIA, 2007,

São Paulo. **Atas...** São Paulo: Centro de Memória da Faculdade de Educação da USP, 2007.

MOREIRA, K. H. Livros didáticos como fonte de pesquisa: um mapeamento da produção acadêmica em história da educação. **Educação e Fronteiras On-Line**, Dourados, v. 2, n. 4, p. 129-142, 2012.

MOREIRA, A. F.; TADEU, T. **Currículo, cultura e sociedade**. 12. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

NICOLI JUNIOR, R. B. **O conteúdo de cinemática nos livros didáticos de 1810 a 1930**. 2007. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, Modalidade Física)–Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

NICOLI JUNIOR, R. B.; MATTOS, C. R. A disciplina física no ensino secundário entre os anos de 1810 e 1930. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis, 2007a.

_____. **Os livros didáticos de física do século XIX até a década de 1930**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL LIVRO DIDÁTICO: EDUCAÇÃO E HISTÓRIA, 2007, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Centro de Memória da Faculdade de Educação da USP, 2007b.

_____. A disciplina e o conteúdo de cinemática nos livros didáticos de Física do Brasil (1801 a 1930). **Investigações em Ensino de Ciências**, v. (13)3, p. 275-298, 2008.

OSTERMANN, F. **Tópicos de física contemporânea em escolas de nível médio na formação de professores de física**. 2000. 100 f. Tese (Doutorado em Educação)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PALMA FILHO, J. C. (Org.). **Pedagogia Cidadã. Cadernos de Formação**. História da Educação. 3. ed. São Paulo: PROGRAD/UNESP, Santa Clara Editora, p. 61-74, 2005.

PESSANHA, E. C.; DANIEL, M. E. B.; MENEGAZZO, M. A. Da história das disciplinas escolares à história da cultura escolar: uma trajetória de pesquisa. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 27, p. 57-69, 2004.

PIETROCOLA, M.; OFUGI, C. D. R. A abordagem da relatividade restrita em livros didáticos do ensino médio e a transposição didática. In: II Encontro Nacional de pesquisa em Educação em Ciências, 1999, Valinhos.

QUEIRÓS, W. P.; CUNHA, J. A. R. A importância de estudos de historiografia da ciência na formação inicial de professores de física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2011, Foz do Iguaçu. **Atas...** Foz do Iguaçu, 2011.

REZENDE JUNIOR, M. F. **Fenômenos e a introdução de física moderna e contemporânea no ensino médio**. 2001. 180 f. Dissertação (Mestrado em Educação)–Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SAMPAIO, G. M. D. **A história do ensino de física no Colégio Pedro II de 1838 até 1925**. 2004. 164 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia)–Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

_____. Obra rara de física no ensino brasileiro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL LIVRO DIDÁTICO: EDUCAÇÃO E HISTÓRIA, 2007, São Paulo. **Atas...** São Paulo: Centro de Memória da Faculdade de Educação da USP, 2007.

SAMPAIO, G. M. D.; DOSSANTOS, N. P. Os livros didáticos de física e química nos primeiros dezoito anos do colégio Pedro II (1838-1856). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis, 2007.

SEGRÈ, E. **Dos raios X aos quarks**: físicos modernos e suas descobertas. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1987.

SNYDERS, G., **A Alegria na Escola**, São Paulo, Editora Manole LTDA., 1988.

SOUSA, P. F. F.; KAWAMURA, M. R. D. Livros didáticos como indicadores da possível diversidade cultural no currículo de física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 12., 2010, Águas de Lindoia. **Atas...** Águas de Lindoia, 2007.

TERRAZZAN, E. 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.

VALENTE, L. **A física moderna e contemporânea no ensino médio**: caminhos para a sala de aula. 2009. 219 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências)– Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

VECHIA, A.; LORENZ, K. M. **Programa de ensino da escola secundária brasileira**: 1850-1951. Curitiba: Ed. do Autor, 1998.

VIEIRA PINTO, A. **Ciência e existência**: problemas filosóficos da pesquisa científica. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

WUO, W. **A física e os livros**: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio. São Paulo: EDUC; FAPESP, 2000.

_____. O ensino de física na perspectiva do livro didático. In: OLIVEIRA, M. A. T.; RANZI, S. M. F. (Org.). **História das disciplinas escolares no Brasil**. Bragança Paulista: Editora da Universidade de São Francisco, 2003. p. 299-338.

Bibliografia dos Livros Didáticos Analisados

DIAS, P. A. **Curso elementar de physica**. 3. ed. São Paulo: Salles Oliveira Rocha & Cia, 1920.

FREITAS, A. **Curso de physica**: iniciação no estudo dos phenomenos physicos: 3ª série. São Paulo: Melhoramentos, 1936.

GANOT, A. **Traité élémentaire de physique**. 27. ed. Paris: Hachette, 1918.

NOBRE, F. R. **Tratado de física elementar**. Porto: Livraria Chardron Lelo & Irmão, 1925.

ROMANO R. **Tratado de física**. São Paulo: Melhoramentos, 1928.