

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS REALEZA  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**ALLYINE LUANA WANESSA FANK ANDRADE**

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA EM LIVROS DIDÁTICOS DA  
EDUCAÇÃO BÁSICA:  
UM CONTEXTO DE DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA O ENSINO**

**REALEZA**

**2021**

**ALLYINE LUANA WANESSA FANK ANDRADE**

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA EM LIVROS DIDÁTICOS DA  
EDUCAÇÃO BÁSICA:  
UM CONTEXTO DE DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA O ENSINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de licenciada em Física.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Matos Rodrigues

**REALEZA**

**2021**

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Andrade, Allyine Luana Wanessa Fank  
Física Moderna e Contemporânea em Livros Didáticos da  
Educação Básica:: Um contexto de desafios e  
possibilidades para o Ensino. / Allyine Luana Wanessa  
Fank Andrade. -- 2021.  
126 f.:il.

Orientador: Dr. Fábio Matos Rodrigues

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Licenciatura em Física, Realeza, PR, 2021.

1. Física Moderna e Contemporânea. Livro didático.  
PNLD. Ensino de Física. Análise de Conteúdo.. I.  
Rodrigues, Fábio Matos, orient. II. Universidade Federal  
da Fronteira Sul. III. Título.

**ALLYINE LUANA WANESSA FANK ANDRADE**

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA EM LIVROS DIDÁTICOS DA  
EDUCAÇÃO BÁSICA:  
UM CONTEXTO DE DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA O ENSINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de licenciada em Física.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 24/05/2021.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Fábio Matos Rodrigues - UFFS  
Orientador e Presidente da banca

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Aline Portella Biscaino - UFFS  
Avaliadora

Prof. Dr. Viviane Scheibel de Almeida – UFFS  
Avaliadora

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais Sueli e Jesus e aos meus irmãos Edinéia e Allan por todo o incentivo, dedicação e apoio a todas as etapas da minha educação, desde a pré educação, como principal meio de superar os desafios e limitações impostas pela sociedade em que vivemos. De maneira amavelmente importante agradeço o zelo, atenção e todo conhecimento e experiência proporcionado pelos professores da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), em especial aos professores do curso de Física: Viviane, Aline, Danielle, Caetano, Tobias, Eduardo, Wagner e Paulo pelo acompanhamento e desenvolvimento da minha trajetória acadêmica, profissional e pessoal, bem como as experiências desafiadoras que me foram proporcionadas desde que eu pisei na UFFS pela primeira vez. Ao meu orientador Fábio, os meus mais sinceros agradecimentos, por aceitar o desafio dessa pesquisa e por todas as orientações essenciais realizadas de maneira atenciosa, cativante e como não dizer, fascinantes ao longo dos últimos meses. À minha namorada Thais Sokal, os agradecimentos mais amáveis pela parceria, companheirismo, palavras e ações de incentivo em momentos de desalento e também de alegria. Sem os esforços incontáveis das pessoas citadas acima, esse trabalho jamais poderia ter sido desenvolvido e concluído.

## RESUMO

O currículo do Ensino Médio (EM) é essencial para que os estudantes possam desenvolver competências, habilidades e valores para viver e atuar de forma plena e responsável na sociedade contemporânea, como cidadãos conscientes do mundo em que vivem, conforme salientam os documentos que regulamentam e orientam o ensino no Brasil. A compreensão dos temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC) é também peça chave neste processo. Entretanto pesquisas sobre o ensino de Física apontam, há mais de duas décadas, que o desenvolvimento e produção científica do século XX não caminham juntamente com a inserção destes temas relacionados à FMC nas escolas públicas no Brasil. Em meio a estas perspectivas, esforços mútuos (de professores, pesquisadores, e órgãos responsáveis pela educação no Brasil) vêm sendo realizados nas últimas décadas, visando a inserção de temas de FMC no EM. No cenário educacional, destaca-se a importância dos livros didáticos (LD), pois estes são historicamente um dos principais meios de consulta para estudantes e professores (inclusive no planejamento e sequência de aulas) e, portanto, desempenham um papel fundamental na educação básica brasileira. Nesse contexto, frente às orientações presentes nos textos (legais, normativos e acadêmicos) para a inserção de tópicos de FMC e as funções sociais do LD (CHOPPIN, 2004) no universo escolar, se efetivou a ideia de analisar como os temas de FMC são apresentados nos LD de Física aprovados no PNLD 2018, de modo a perceber os paradigmas temáticos e os subsídios que podem orientar a prática docente. A pesquisa é balizada pela Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2002) e também pelos aspectos enunciados na Teoria da Transposição Didática (TTD) proposta por Chevallard (1991), somada às regras ou etapas estipuladas por Astolfi (1997) que conduzem um saber a tornar-se um saber sábio a ser ensinado, a fim de delinear características importantes a serem consideradas tanto para a elaboração, quanto para a seleção de livros didáticos. Com base nestas perspectivas conclui-se que alguns livros didáticos apresentam elementos mais coesos com a proposta facilitadora de uma transposição didática. Na qual o professor dentro do cenário em sala de aula é levado a realizar ao longo do ano letivo uma abordagem atrelada a História da Ciência, as concepções teóricas, experimentais, bem como minimamente as relações entre CTSA, para além das aplicações dos temas de FMC no cotidiano dos estudantes. Neste sentido possibilitando que eles desenvolvam competências e habilidades expressas de maneira articulada na BNCC e também necessárias para uma atuação cidadã plena na sociedade contemporânea e globalizada que vivemos.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea. Livro didático. PNLD. Ensino de Física.  
Análise de Conteúdo.

## ABSTRACT

The High School curriculum is essential for students to develop skills, abilities and values to live and act fully and responsibly in contemporary society, as conscious citizens of the world in which they live, as highlighted by the documents that regulate and guide teaching in Brazil. Understanding the themes of Physics Modern and Contemporary (FMC) is also a key part of this process. However, research on the teaching of Physics has pointed out, for more than two decades, that the development and scientific production of the 20th century do not go hand in hand with the inclusion of these themes related to FMC in public schools in Brazil. In the midst of these perspectives, mutual efforts (of teachers, researchers, and agencies responsible for education in Brazil) have been carried out in recent decades, aiming at the insertion of FMC themes in EM. In the educational scenario, the importance of textbooks (LD) is highlighted, as these are historically one of the main means of consultation for students and teachers (including in the planning and sequence of classes) and, therefore, play a fundamental role in basic education. Brazilian. In this context, in view of the guidelines present in the texts (legal, normative and academic) for the insertion of FMC topics and the social functions of LD (CHOPPIN, 2004) in the school universe, the idea of analyzing how FMC themes are presented in the LD of Physics approved in the PNLD 2018, in order to understand the thematic paradigms and the subsidies that can guide the teaching practice. The research is guided by the Content Analysis proposed by Bardin (2002) and also by the aspects enunciated in the Theory of Didactic Transposition (TTD) proposed by Chevallard (1991), added to the rules or steps stipulated by Astolfi (1997) that lead a knowledge to become a wise knowledge to be taught, in order to outline important characteristics to be considered for both the elaboration and selection of textbooks. Based on these perspectives, it is concluded that some textbooks have more cohesive elements with the proposal to facilitate a didactic transposition. In which the teacher within the classroom scenario is led to carry out, throughout the academic year, an approach linked to the History of Science, the theoretical and experimental conceptions, as well as minimally the relations between CTSA, in addition to the applications of the FMC themes. in the students' daily lives. In this sense, enabling them to develop competencies and skills expressed in an articulated manner in the BNCC and also necessary for full citizenship in the contemporary and globalized society in which we live.

Keywords: Physics Modern and Contemporary. Textbook. PNLD. Physics teaching. Content analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Número de páginas em que são abordados temas de FMC no volume 3	61
Figura 02 - Percentual de páginas em que são abordados temas de FMC no volume 3	62
Figura 03 - Percentual das páginas dedicadas aos capítulos no terceiro livro da coleção 05	62
Figura 04 - Percentual das páginas dedicadas aos capítulos no terceiro livro da coleção 07	63
Figura 05 - Abordagem dos Postulados da Teoria da Relatividade Restrita na coleção 09	70
Figura 06 - Abordagem do fenômeno da contração das distâncias na coleção 03	71
Figura 07 - Abordagem da relação entre massa e energia na coleção 06	73
Figura 08 - Abordagem da relação entre massa e energia na coleção 07	74
Figura 09 - Abordagem da relação entre massa e energia na coleção 09	75
Figura 10 - Trechos da abordagem da relação dos espectros de emissão e absorção na coleção 04	79
Figura 11 - Abordagem do efeito fotoelétrico na coleção 05	83
Figura 12 - Atividade complementar proposta sobre efeito fotoelétrico na coleção 01	84
Figura 13 - Atividade prática sobre o efeito fotoelétrico proposta na coleção 04	85
Figura 14 - Atividade prática sobre o efeito fotoelétrico proposta na coleção 09	86
Figura 15 - Temas, número de questões propostas nas obras e o raciocínio preconizado	96

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Livros didáticos de Física aprovados no PNLD 2018 que constituem o universo da pesquisa.	52
Tabela 02 - Localização de discussões e abordagens de temas relacionados à FMC nas obras selecionadas	59
Tabela 03 - Temas de FMC mais abordados nas coleções	66
Tabela 04 - Natureza das questões sobre FMC presentes nos terceiros volumes das coleções	88

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Análise de Conteúdo
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EB	Educação Básica
EM	Ensino Médio
LD	Livro Didático
FM	Física Moderna
FMC	Física Moderna e Contemporânea
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM+	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio +
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
RFC	Raciocínio Físico - Conceitual
RFM	Raciocínio Físico - Matemático
TD	Transposição Didática
TTD	Teoria da Transposição Didática

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>A IMPORTÂNCIA DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA PARA OS CENÁRIOS CIENTÍFICO E EDUCACIONAL</b>	<b>17</b>
2.1	O NASCIMENTO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA	17
2.2	DESDOBRAMENTOS CONCEITUAIS DA “NOVA FÍSICA ” NO CENÁRIO BRASILEIRO	24
2.3	A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO DE FÍSICA: O QUE DIZEM OS PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO?	26
2.4	ALGUMAS PRERROGATIVAS PARA A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DOS SABERES DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA	28
<b>3</b>	<b>OS DOCUMENTOS OFICIAIS DO ENSINO NO BRASIL E LIVRO DIDÁTICO</b>	<b>32</b>
3.1	OS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA	33
3.2	OS LIVROS DIDÁTICOS E O PNLD	37
<b>3.2.1</b>	<b>Um pouco sobre a história e a função dos livros didáticos</b>	<b>37</b>
<b>3.2.2</b>	<b>O Programa Nacional do Livro Didático</b>	<b>42</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Os livros didáticos de Física: evolução dos critérios de avaliação entre o PNLEM 2009 e o PNLD 2018</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>50</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E OBJETOS DE ANÁLISE	51
4.2	FERRAMENTAS DE ANÁLISE	52
4.3	ELABORAÇÃO DA FICHA CATALOGRÁFICA	55
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>58</b>
5.1	PERCEPÇÕES PANORÂMICAS DAS OBRAS	58
<b>5.1.1</b>	<b>Localização dos Conteúdos da FMC</b>	<b>58</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Número de Páginas destinada aos Conteúdos</b>	<b>61</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Representações fenomenológicas por ilustrações</b>	<b>64</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Focos Temáticos dos Livros Didáticos em relação à FMC</b>	<b>65</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Abordagem dos Conteúdos mais Recorrentes</b>	<b>67</b>
5.1.5.1	Aspecto Aplicável do Conteúdo	87
5.1.5.2	Indicações de outras plataformas de aprendizagem	90

<b>5.1.6</b>	<b>Biografias e Contribuições dos Principais Cientistas</b>	<b>91</b>
5.2.	CONTRIBUIÇÕES DO REFERENCIAL TEÓRICO PARA A ELABORAÇÃO DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE	92
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>99</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>104</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>112</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>123</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As discussões sobre a importância da Física Moderna e Contemporânea (FMC) para a compreensão do cotidiano contemporâneo e “o domínio dos princípios científicos que presidem a produção moderna” (BIAZUS, 2015, p.10) estão presentes nas pesquisas sobre o ensino de Física (TERRAZAN, 1992, 1994; OSTERMANN e MOREIRA, 1998, 2000a, 2000b; SANCHES, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2007; D’AGOSTINI, 2008) e também nos documentos oficiais que norteiam o ensino de Física no Brasil.

Mesmo sendo consenso há anos entre os pesquisadores do ensino de Física sobre a necessidade de abordar temas de FMC em sala de aula, bem como a atualização curricular que engloba estes temas, ainda a grande parte dos professores de Física não abordam temas de FMC nas aulas. De fato, diversos pesquisadores como: Terrazan (1992; 1994), Ostermann e Moreira (1998; 2000a; 2000b), Monteiro; Nardi e Bastos Filho (2009) afirmam que os conteúdos abordados nas aulas estão, em geral, relacionados com Física Clássica, ou seja, conhecimentos que foram desenvolvidos até o final do século XIX.

Este cenário vai em desencontro com as sugestões propostas nos documentos oficiais que norteiam o ensino de Física no Brasil, visto que os mesmos apresentam e discutem a importância da Física moderna para a compreensão do cotidiano. Como exemplo, no artigo 35, parágrafo oitavo, inciso primeiro da Lei de Diretrizes e Bases (LDB -Lei 9394/96) é salientado que os conteúdos, metodologias e avaliação no EM devem ser organizados de modo que o estudante demonstre ao final a educação básica: “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna”.

Paralelamente, nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio + (PCNEM+) são destacados os aspectos centrais para a uma nova percepção dos avanços tecnológicos para a Educação Básica, visto que

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. (BRASIL, 2002, p.70).

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) os temas de FMC são expressos brevemente em forma de conhecimentos a serem mobilizados com a finalidade de possibilitar o desenvolvimento de competências pelos estudantes na área da Ciências da Natureza. Neste contexto, esforços mútuos de professores, pesquisadores e órgãos responsáveis pela educação no Brasil vêm sendo realizados nas últimas décadas, visando a inserção de temas de FMC no

EM. Dentre estes esforços, encontra-se o desenvolvimento de políticas para a avaliação, compra e distribuição gratuita de livros didáticos (LD) para os estudantes e professores da Educação Básica (EB), considerando que o LD “é o recurso instrucional mais utilizado no ambiente escolar (NEVES e VALADARES, 2004; AMORIM, 1998; CARNEIRO, SANTOS e MÓL, 2005 *apud* COIMBRA, 2007, p. 56).

Portanto, destaca-se que “o livro didático é a principal fonte de consulta de professores e estudantes, em qualquer nível de ensino” (CORDEIRO; PEDUZZI, 2013, p. 3602-1), pois “desempenha papel fundamental nas instituições de qualquer nível de ensino, numa tentativa de organizar os conteúdos, orientar as práticas do professor e, finalmente constituir-se numa fonte importante de estudos para o aluno” (KIOURANIS *et al.*, 2010, p. 1507-8).

O reconhecimento da importância dos livros didáticos na Educação Básica (EB) no Brasil tem como desdobramento a criação do Instituto Nacional do Livro (INL), a partir das atribuições do Decreto-Lei n. 93, de 21 de dezembro de 1937. Hoje o programa tem outra denominação: Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), e constitui-se como o mais antigo programa voltado à distribuição de obras didáticas aos estudantes da rede pública de ensino brasileira. Além disso, existem órgãos responsáveis, para auxiliar em ações específicas de programas vinculados à Educação Básica, como o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) que exibe um maior investimento público.

O acesso à materiais didáticos de qualidade é essencial para o desenvolvimento dos estudantes e a promoção da inclusão social, sendo esta uma preocupação central dos editais do PNLD, que acontecem trienalmente e fornecem às escolas públicas brasileiras LD, acervos de obras literárias, obras complementares e dicionários.

É fundamental a preocupação, no processo de seleção, com a correção conceitual e com a propagação de valores que estimulem o respeito às diferenças, à ética e à convivência solidária. É com essa concepção que o Ministério da Educação, por meio da Secretaria de Educação Básica (SEB), e em parceria com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), está dando continuidade ao Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio / PNLEM. (BRASIL, 2007, p. 5)

Ao longo das edições do PNLD foram avaliados e distribuídos livros didáticos das disciplinas que compõem o currículo da EB brasileira. Como exemplo, os LD de Física começaram a ser distribuídos amplamente para os estudantes a partir de 2009 e somente em 2018 o PNLD distribuiu 153.899.147 livros para o Ensino Fundamental e Médio, envolvendo a quantia de R\$ 1.467.232.112,09 (BRASIL, 2017).

Os critérios de avaliação e eliminação das obras didáticas também evoluíram e a partir do edital do PNLD de 2012 começou a ser explícita a necessidade do livro de Física do estudante abordar temas científicos

[...] de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho; (BRASIL, 2009, p.41 2013, p.67, 2017b, p.20)

Diante do exposto, não se pode negar que durante o processo de modificações curriculares ao longo da atuação do PNLD, temas relacionados à FMC foram cada vez mais introduzidos nos livros didáticos de diferentes formas, de modo a atender as necessidades educacionais que compreendem às competências sinalizadas pela BNCC. Além disso, o livro desempenha um aspecto fundamental enquanto local onde são observados os conhecimentos científicos que sofreram processos de transposição didática (TD), visto que a linguagem e abordagem dos temas presentes nos livros didáticos - são transpostos respeitando o nível de compreensão dos estudantes - não são idênticos ao presentes na comunidade científica.

Para tanto, utilizou-se os aspectos enunciados na Teoria da Transposição Didática (TTD) proposta por Chevallard (1991), somada às regras ou etapas estipuladas por Astolfi (1997) que conduzem um saber a tornar-se de um saber sábio a ser ensinado, para delinear características importantes a serem consideradas tanto para a elaboração, quanto para a seleção de livros didáticos. Diante de tais prerrogativas teóricas, optou-se por se debruçar nessa pesquisa sobre a seguinte indagação: de que maneira os temas relacionados à FMC são apresentados nos LD de Física aprovados no PNLD 2018 e quais características que os diferem?

Com base nas discussões acima, destaca-se que o objetivo geral deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), desenvolvido no âmbito da graduação em Licenciatura em Física do Campus Realeza da Universidade Federal da Fronteira Sul é: analisar como os temas de FMC são apresentados nos LD de Física aprovados no PNLD 2018, de modo a perceber os paradigmas temáticos e os subsídios que podem orientar a prática docente.

Em virtude do objetivo geral supracitado, percebeu-se a necessidade de vinculá-lo aos seguintes objetivos específicos a) Apresentar as normas e orientações oficiais que fundamentam a importância da FMC na Educação Básica; b) Identificar quais características presentes nos livros didáticos aprovados pelo PNLD e a evolução dos critérios de aprovação e temas; c) Apontar os principais enfoques sinalizados nos mesmos livros didáticos, descrevendo as semelhanças e dissemelhanças quanto ao tratamento temático.

Para uma melhor percepção do leitor sobre os aspectos gerais presentes nesta pesquisa, salienta-se que as seções obedecem uma construção sequencial. No capítulo 02, apresenta-se a importância do ensino de FMC na EB. No capítulo 03 destaca-se a evolução da obrigatoriedade do Ensino de FMC nas aulas de Física no EM, de acordo com documentos oficiais que norteiam e regulamentam a EB no Brasil. Neste sentido também se discute a importância e a função do livro didático na educação brasileira, por meio do PNLD e sua relação com a BNCC para o desdobramento dos temas da Física, em particular temas relacionados à FMC.

Os aspectos metodológicos desta pesquisa que são apresentados no capítulo 03, envolvem informações que discorrem desde a obtenção das informações temáticas a serem analisadas, quanto à utilização das ferramentas de análise consideradas para uma melhor exploração do material selecionado. No capítulo 04 encontram-se os principais resultados obtidos, a partir da análise dos LD aprovados no PNLD de 2018 e a forma como foram explorados. E por fim, à guisa de conclusão, apresentaremos as considerações finais e futuros desdobramentos permitidos por essa pesquisa.

## **2 A IMPORTÂNCIA DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA PARA OS CENÁRIOS CIENTÍFICO E EDUCACIONAL**

Neste capítulo destaca-se a importância da Física Moderna e Contemporânea (FMC) para o desenvolvimento da sociedade. Haja vista que reflexões teóricas acerca dessa nova forma de compreender fenômeno da natureza se deu na virada do século, como historicamente será apresentado na seção 2.1, juntamente com os pressupostos e problemas que acarretaram no desenvolvimento da FMC no cenário mundial. Na seção 2.2 foi dada ênfase aos desdobramentos da “nova Física” no Brasil, bem como as contribuições de físicos brasileiros no desenvolvimento de conhecimentos científicos nesta área da Física. Com base nos conhecimentos desenvolvidos na Física a partir do início do século XX, abordou-se na seção 2.3 um panorama geral das discussões sobre a inserção de temas de FMC no Ensino Médio (EM). Neste sentido discute-se a transposição dos saberes científicos até a sua presença nas salas de aula e, com base nas contribuições de Chevallard e Astolfi.

### **2.1. O NASCIMENTO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA**

A Ciência Física foi construída ao longo de vários séculos e teve muitos colaboradores de diversas partes do mundo que vislumbraram, teorizaram e aplicaram conceitos para poderem descrever certos comportamentos fenomenológicos observados.

Ao final do século XIX a sociedade científica acreditava que pouco faltava para ser descoberto ou determinado no campo da Física, pois ao longo de séculos os físicos formularam e comprovaram experimentalmente diversos postulados, que sustentavam o entendimento dos fenômenos até então conhecidos na época. Como exemplo pode-se citar a mecânica newtoniana, que descrevia e explicava os movimentos observados e experimentados ao longo dos séculos. De maneira análoga os pressupostos e argumentos teóricos do eletromagnetismo foram unificados por James C. Maxwell e alguns verificados experimentalmente por Heinrich Hertz em 1888. Entretanto, alguns temas careciam de uma interpretação mais apurada, dentre os quais se destacavam: as descargas elétricas em gases rarefeitos e a tentativa de conciliar a mecânica newtoniana com a termodinâmica.

Em relação ao segundo podemos citar as contribuições de Max Planck (1858-1947), ao focar seus estudos nas inconsistências das teorias clássicas na explicação da emissão de radiação por corpos negros. Até o início do século XX, as previsões clássicas de Wilhelm Wien (1864-1928) descreviam os fenômenos observados para altas frequências, mas apresentavam discrepâncias para a radiação espectral a baixas frequências. Por outro lado, as explicações do Lorde Rayleigh (1842-1919) e James Jeans (1877-1946) descreviam as observações em baixas frequências, mas eram inconsistentes para altas frequências que acarretaram na chamada catástrofe do ultravioleta.

Na tentativa de resolver o problema do corpo negro, Planck apresentou uma proposta na reunião da Sociedade Alemã de Física em 14 de dezembro de 1900 que ia em desconformidade com uma das principais ideias da Física clássica. Segundo Planck a emissão e absorção de energia não ocorre de maneira contínua, mas sim de maneira quantizada em pequenos pacotes de energia chamados “*quantum*”.

Classicamente, a troca de energia entre a radiação e os "osciladores" nas paredes se dá de forma *contínua*: qualquer quantidade de energia pode ser absorvida ou emitida. Para obter acordo com a experiência, Planck postulou que a troca seria "quantizada": *um oscilador de frequência  $\nu$  só poderia emitir ou absorver energia em múltiplos inteiros de um "quantum de energia":  $E = h \cdot \nu = \hbar\omega$ , onde  $h$  é uma nova constante universal, a constante de Planck. Ela tem dimensões de [energia] x [tempo], correspondendo ao que se chama de ação.* (NUSSENZVEIG, 1998, p.248-249)

Para Planck “tratou-se de uma hipótese puramente formal, e não refletiu [Planck] muito sobre ela, mas apenas sobre o fato de que, sob quaisquer circunstâncias, custasse o que

custasse, um resultado positivo (para o problema da radiação de cavidade) tinha de ser obtido” (FLEMING, 2001, p.10). Entretanto, essa hipótese brilhante alicerçou o desenvolvimento da Mecânica Quântica.

Alguns anos depois, Albert Einstein apresentou a comunidade científica três trabalhos importantes, sendo que:

O primeiro trabalho procurou explicar o movimento das moléculas em um líquido, conhecido como movimento browniano; o segundo foi o famoso trabalho sobre a relatividade e o terceiro, que considerou o mais revolucionário, propôs a hipótese da quantização da radiação eletromagnética pela qual, em certos processos, a luz comporta-se como pacotes concentrados de energia, chamados fótons. Com esta hipótese, ele forneceu uma explicação para o efeito fotoelétrico. [...] A explicação para o efeito fotoelétrico foi proposta em 1905 por Albert Einstein, depois da formulação de Planck da radiação do corpo negro em 1900. Einstein propôs que a energia da luz incidente estaria concentrada em um pacote (fóton) de valor  $h\nu$ , onde  $\nu$  é a frequência da luz e que a intensidade da luz seria proporcional ao número de pacotes. No processo fotoelétrico, a energia de um pacote seria completamente absorvida por um elétron do emissor. Desta forma, uma energia  $\nu$  seria transferida para o elétron que poderia escapar do catodo se esta fosse suficiente para superar a energia de ligação do elétron com o material do catodo. (CAVALCANTE *et al.*, 2002, p. 24-25)

A explicação do efeito fotoelétrico por Einstein apresenta implicações tanto tecnológicas quanto filosóficas. Com efeito, a afirmação de que “muitos fenômenos luminosos são explicados partindo do pressuposto de uma natureza corpuscular da luz”, até o início do século XIX, perdurava, principalmente por ter sido, em grande parte, desenvolvida a partir dos estudos de Isaac Newton. Entretanto, nem todos fenômenos luminosos podiam ser explicados, considerando a luz como partícula. No início do século XIX, Thomas Young - um físico, médico e matemático - realizou na Inglaterra um experimento, que hoje carrega seu nome, onde a luz, ao passar por fendas duplas (Thomas, utilizou orifícios) sofre fenômeno de difração e interferência. Tais fenômenos, característicos de ondas inferiam que a luz também apresentava uma natureza ondulatória.

Assim, a proposição de Einstein de que a quantização da energia é uma característica universal da luz e a confirmação do efeito fotoelétrico fizeram com que pela primeira vez na história da ciência Física, duas explicações distintas sobre as propriedades da luz se confirmassem verdadeiras. Isto é, a luz apresenta caráter ondulatório na propagação e corpuscular na interação, sendo caracterizada como uma onda de partícula. E neste sentido, as principais características que a teoria clássica falham ao tentarem explicar a independência da energia dos elétrons emitidos em relação a intensidade da luz, frequência de corte dependente do material do catodo e o não atraso do estabelecimento da corrente a partir da emissão de radiação foram explicadas pela teoria quântica.

Já os estudos realizados com as descargas elétricas em gases rarefeitos possibilitaram a descoberta dos raios X (Wilhelm Roentgen), da radioatividade (Henri Becquerel e Madame Curie) e do elétron (J.J. Thomson). Essas três descobertas, ao lado dos trabalhos de Planck e Einstein desencadearam o processo que originou a Física moderna” (DOS SANTOS, 2009, p.1)

Diante de tais processos históricos e passíveis de transformação, a Física se enquadra em uma área das Ciências que estuda a natureza em diversos aspectos e com seus métodos e técnicas próprias, buscando compreender o universo do micro ao macro. O corpo de conhecimentos da Física desenvolvidos ao longo de séculos por diversos atores é historicamente distinguido em três grandes períodos.

A Física clássica compreende os trabalhos desenvolvidos a partir da tríade Copérnico, Galileu e Newton até a teoria clássica sobre o eletromagnetismo, no final do século XIX, que continuam sendo válidas, porém somente se aplicam a fenômenos que ocorrem em escala humana. A Física moderna e o conjunto de teorias surgidas a partir do início do Século XX, a partir dos trabalhos de Planck a respeito da mecânica quântica, que passa a estudar os fenômenos físicos da matéria em escala atômica e os de Einstein sobre a relatividade, que busca explicar os fenômenos em escalas astronômicas, envolvendo grandes quantidades de energia e massa. A partir dessas duas teorias, a ciência passou a ter novas compreensões a respeito de energia, massa, espaço e tempo, por exemplo. A Física contemporânea tem suas origens a partir do final da Segunda Guerra Mundial, que tem como principal campo de estudo as partículas subatômicas. (DOMINGUINI, 2012, p.2502)

Historicamente os conhecimentos da Física possibilitaram uma revolução da sociedade em diversos aspectos, que incluem desde as noções de origem do universo até as mais avançadas tecnologias presentes no mundo contemporâneo, transformando consideravelmente o modo de vida dos seres humanos. Como pôde-se perceber, tais conhecimentos são essenciais para compreender o mundo em que vivemos, em especial a Física Moderna e Contemporânea (FMC), desenvolvida a partir do início do século XX, “representa uma alteração muito mais radical das idéias fundamentais da Física” (NUSSENZVEIG, 1998, p.245) e “constitui-se em uma teoria extremamente bem-sucedida e sustenta quase toda a ciência e a tecnologia modernas” (HAWKING, 1994, p. 47).

A revolução desencadeada pela Física moderna atingiu, por exemplo, as concepções de espaço, tempo, massa e energia, o entendimento quanto à estrutura do átomo e a compreensão sobre a própria origem e evolução do Universo. Com base em seus princípios, surgiram tecnologias cuja importância se destaca no dia-a-dia, tais quais o transistor, essencial nos computadores; o laser, utilizado nas telecomunicações e em tratamentos médicos; e as usinas nucleares, com seus benefícios e riscos associados. (MACHADO E NARDI, 2006. p.2)

As contribuições da FMC são amplas e foram essenciais para impulsionar o desenvolvimento de diversas áreas da Ciência no século XX. Sobretudo as Ciências Modernas (informática, química moderna, biologia molecular, eletrônica, entre outras) desenvolveram técnicas de pesquisa e um corpo de conhecimentos balizados em aplicações da FMC, como por exemplo

[...] a descoberta da estrutura do DNA, no desenvolvimento tecnológico e econômico, principalmente alicerçado na descoberta e no desenvolvimento dos materiais e dispositivos semicondutores e o seu conseqüente impacto na indústria, nas formas de expressão artística que podem ser representadas pelo movimento surrealista e até mesmo em áreas como psicologia, filosofia e sociologia. (NUNES, 2007, p.1)

Assim os conhecimentos desenvolvidos no campo da FMC, em especial na relatividade desencadearam ampliações na noção de tempo, espaço e também limitaram a validade da mecânica newtoniana determinística e clássica, para os nível macroscópico e movimentos com baixas velocidades (muito menores que a velocidade da luz) e também corpos com pequenas massas. E portanto no mundo microscópico, nos movimentos com velocidades relativísticas e corpos com grandes massas, a mecânica newtoniana não pode descrever os comportamentos dos mesmos. Nesse sentido,

[...] teoria da relatividade restrita de Einstein afirmou de forma categórica o caráter relativo de todo movimento uniforme, mantendo-se, entretanto, dentro dos limites da distinção newtoniana entre observadores inerciais e não inerciais. Com a formulação definitiva da teoria da relatividade geral, em 1915, Einstein enfim eliminou os derradeiros aspectos absolutos do movimento, através de uma teoria da gravitação que incorporava o espaço e o tempo, encurvados pela matéria e pela energia, como elementos dinâmicos de sua teoria. Se a teoria da relatividade restrita já havia produzido uma transformação radical em nossas ideias fundamentais acerca do espaço e do tempo, o "espaço-tempo" einsteiniano da relatividade geral distanciava-se profundamente das concepções intuitivas próprias do senso comum.(PORTO; PORTO, 2008, p.1603-7)

Com essas perspectivas é possível no decorrer do desenvolvimento científico, ao realizar uma história recorrente, encontrar discontinuidades e rupturas ocorridas em um processo dificultoso de rompimento do que se considerava real e verdadeiro. Este processo incitou Bachelard a elaborar sua filosofia do não. “A Física Quântica diz não a Física Clássica (...), não é apenas uma vontade de negação; tudo é uma questão de domínio, cada uma é verdade em seu domínio de aplicabilidade” (BACHELARD,1971, p.125 *apud* COSTA, 2003, p.77-78). Por isso Bachelard afirma que todo conhecimento é provisório e “a própria essência da reflexão é compreender o que não se tinha compreendido” (BACHELARD,1971, p.125 *apud* COSTA, 2003, p.81).

O mundo subatômico, por sua vez, também se constitui em um campo de diversos estudos e descobertas desde o século passado. A partir da descoberta dos elétrons por J.J. Thomson, alguns modelos atômicos foram sendo desenvolvidos na busca por explicar os pressupostos em que os modelos antigos falham em explicar. Nesse sentido, o

[...] nascimento da Física de Partículas Elementares remonta (qualquer que seja o significado dado a palavra elementar), muito provavelmente, à descoberta do elétron por J. J. Thomson, em 1897, mesmo que naquela época as ideias sobre a estrutura do átomo fossem muito primitivas (somente 15 a 20 anos depois é que uma visão aceitável se imporá através do método experimental). (BEGALLI; CARUSO; PREDAZZI, 2005 , p. 62)

Considera-se importante ressaltar que a experiência proposta por Ernest Rutherford e desenvolvida juntamente com seus orientados Hans Geiger e Ernest Marsden entre 1909 e 1910, trouxe um desafio para a compreensão da estrutura atômica, tendo em vista que o modelo atômico proposto por Thomson em 1898 não era compatível com os resultados do experimento, conhecido como espalhamento Rutherford. Com base nas constatações experimentais, Rutherford em 1911 apresentou um novo modelo atômico à comunidade científica, onde descreve o átomo como sendo composto por um núcleo positivo e, ao redor deste, há uma região onde os elétrons orbitam o núcleo concentricamente que ficou conhecida como eletrosfera.

Entretanto, o modelo atômico proposto por Rutherford violava as leis do eletromagnetismo, tendo em vista que uma partícula (neste caso o elétron) ao descrever um movimento acelerado em torno do núcleo, emite radiação eletromagnética. Assim, esse processo de emissão contínua de radiação acarreta em uma aproximação cada vez maior do elétron, em relação ao núcleo e conseqüentemente colapsando o átomo.

Na busca por solucionar este problema, outro estudante de Rutherford, com base nas ideias apresentadas por Planck e Einstein sobre a quantização da energia, apresentou um novo modelo atômico. Segundo Niels Bohr os átomos apresentam órbitas estáveis e um elétron poderia existir em qualquer uma dessas órbitas, chamadas estacionárias. Em regiões entre essas órbitas eletrônicas é impossível que um elétron exista. Além de que, para que um elétron “salte” de uma órbita à outra ele absorve ou emite energia/radiação em quantidades bem definidas, múltiplos da energia fundamental da órbita mais próxima ao núcleo e corresponde à diferença de energia entre as energias das órbitas inicial e final.

A primeira verificação experimental de uma das importante ideias presentes nos postulados do modelo de Bohr (também conhecido como modelo de Rutherford-Bohr), foi obtida em experimentos realizados em 1914 por James Franck e Gustav Hertz

(NUSSENZVEIG, 1998, p. 270). Neste sentido, ao longo dos anos foram realizados diversos estudos buscando compreender o mundo atômico e subatômico, desencadeando a partir da década de 1930 na descoberta dos nêutrons, do pósitron e de outras partículas elementares, em especial com o desenvolvimento e evolução dos aceleradores de partículas.

Os primeiros aceleradores de partículas foram desenvolvidos no início do século XX, no entanto o primeiro utilizado para estudar a matéria nuclear foi desenvolvido em 1931. Nesta época foram desenvolvidos os primeiros aceleradores lineares e circulares “abrindo caminho para a descoberta de novas partículas através de colisão, em aceleradores de partículas, entre partículas e antipartículas” (SIQUEIRA, 2006, p. 37) que possibilitaram o desenvolvimento de um arcabouço teórico adequado para representá-las e extremamente sofisticado, o chamado Modelo Padrão (MP). O MP não é um propriamente modelo, mas sim, um conjunto de teorias, apresenta as partículas elementares e específica como elas interagem.

Tudo o que acontece em nosso mundo (exceto os efeitos da gravidade) resulta das partículas do Modelo Padrão interagindo de acordo com suas regras e equações. (p. 58). De acordo com o Modelo Padrão, léptons e quarks são partículas verdadeiramente elementares, no sentido de não possuírem estrutura interna. Partículas que têm estrutura interna são chamadas de hádrons; são constituídas de quarks: bárions quando formadas por três quarks ou três antiquarks, ou mésons quando constituídas por um quark e um antiquark. Há seis léptons (elétron, múon, tau, neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau) e seis quarks [quark up (u) quark down (d), quark charme (c), quark estranho (s), quark bottom (b) e quark top (t)]. Porém, os quarks têm uma propriedade chamada cor e podem, cada um, apresentar três cores (vermelho, verde e azul). Há, portanto, 18 quarks. Contudo, como a cada partícula corresponde uma antipartícula, 4 existiriam no total 12 léptons e 36 quarks. (MOREIRA, 2009, p 1306-1)

Conforme o exposto nesta seção é possível confirmar a relevância e importância dos conhecimentos de FMC para o desenvolvimento da sociedade contemporânea tecnológica. No contexto científico construído ao longo dos últimos cem anos pode-se perceber um considerável avanço tecnológico como a criação de transistores, circuitos integrados (chips), microprocessadores, foguetes, leitores de códigos de barras, celulares, computadores, portas automáticas, lâmpadas fluorescentes entre outras centenas de tecnologias graças ao empenho, dedicação, esforços e também descobertas e construções de diversos pesquisadores e pesquisadoras ao longo de décadas.

Além do desenvolvimento de diversos equipamentos, tanto para o uso cotidiano em suas mais diversas esferas (trabalho, lazer, saúde, segurança, saneamento, transporte) os conhecimentos de FMC permearam os estudos sobre a origem, evolução e constituição do universo. Portanto,

[...] tendo a pesquisa de partículas em comum, a Física de altas energias, a Física de partículas, a Física de raios cósmicos, a astrofísica, a cosmologia e a pesquisa pela origem do universo, convergem quanto às teorias que explicam os fenômenos. Os pesquisadores destas áreas procuram pela teoria síntese, que explique o macrocosmo e o microcosmo. (MARTINS, 2008, p.67)

Os conhecimentos científicos e equipamentos citados *a priori*, foram consequência direta da dedicação e contribuição de físicos e cientistas de diversos países. Neste sentido, a participação de renomados físicos brasileiros merece um destaque ímpar, por isso a próxima seção é dedicada a apresentação de algumas contribuições de físicos brasileiros no desenvolvimento de conhecimentos de FMC, bem como uma breve contextualização das origens dos estudos deste campo de conhecimentos no cenário brasileiro.

## 2.2 DESDOBRAMENTOS CONCEITUAIS DA “NOVA FÍSICA” NO CENÁRIO BRASILEIRO

O desenvolvimento científico no campo da FMC no Brasil é recente, quando comparamos com o cenário mundial, tendo início há menos de cem anos. Na década de 1930, em função de perseguições políticas que estavam ocorrendo na Europa, alguns físicos migraram para o Brasil e foram os responsáveis pela “formação de escolas que se mostraram essenciais para o posterior desenvolvimento da Física brasileira” (SOCIEDADE BRASILEIRA DE Física, 1987, p.28).

Alguns historiadores da ciência, principalmente os paulistas, costumam fixar o início da Física no Brasil na criação da Universidade de São Paulo (USP), em 1934, quando a elite paulista trouxe da Europa vários cientistas, inclusive o etnólogo Lévi-Strauss, para educarem seus filhos. Nessa leva, vieram para cá alguns físicos, entre eles o russo radicado na Itália Gleb Wataghin (1899-1986), em cuja honra foi batizado o Instituto de Física da UNICAMP. Dentre os alunos formados aí, alguns ícones da Física brasileira, como José Leite Lopes, Jayme Tiomno, Roberto Salmeron, Samuel MacDowell, Moisés Nussenzweig, Jorge André Swieca e César Lattes.(CORREIA, 2004, p.5)

Os estudos em FMC começaram a ser desenvolvidos a partir do final da década de 1940, principalmente em função das contribuições de César Lattes no cenário mundial das pesquisas na área de Física de partículas. Em 1948 o físico curitibano, trabalhando com Muirhead Occhialini sob a direção de Cecil F. Powell na Inglaterra, descobriram o méson-pi, que constitui-se em “um passo fundamental na compreensão do mundo subatômico” (GHTC, 1998, p.1).

As contribuições de Lattes, foram essenciais para o desenvolvimento da FMC no cenário brasileiro, tendo em vista que após a descoberta do méson-pi retornou ao Brasil como professor da Universidade do Brasil e iniciou um movimento que culminou na fundação do

Centro Brasileiro de Pesquisas em Física (CBPF), em 1949 e do Conselho Nacional de Pesquisa em 1951 ( hoje denominado de Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ).

No início da década de 1950, as principais pesquisas estavam sendo desenvolvidas nos centros universitários e no CBPF. Assim, sob a supervisão de Marcelo Damy foi instalado em 1950 o primeiro acelerador de partículas, chamado Bétratron e com a capacidade de acelerar elétrons até a energia de 22 MeV. Este acelerador perdurou funcionando até 1968 quando foi substituído por um acelerador nuclear obtido da Universidade Stanford.

Neste período também foi projetado pelo professor Oscar Sala - orientado por Raymond G. Herb - e desenvolvido na USP em parceria com a CBPF, o acelerador eletrostático Van der Graaff, que acelerava prótons até energias próximas a 3,5 MeV . Ele foi finalizado em 1954 e funcionou até o início da década de 1970 sendo utilizado em pesquisas a respeito de reações nucleares induzidas por prótons e deuteronos. Correia (2004) ressalta que nos anos seguintes foram instalados no CBPF outros quatro aceleradores lineares com energias entre 4 MeV a 20 MeV.

Com o advento da Segunda Guerra Mundial e a explosão da bomba atômica, diversos países se mobilizaram para aumentar seus conhecimentos e potenciais nucleares e bélicos, e no Brasil não foi diferente. Assim, nos anos subsequentes, alguns trabalhos desenvolvidos por físicos brasileiros inseriram ainda mais o Brasil no cenário mundial de pesquisas Físicas. Destaca-se entre eles as contribuições de Leite Lopes no estabelecimento do modelo padrão da Física de partículas; o desenvolvimento do mecanismo que descreve o processo de perda de energia em supernovas, chamado de Processo Urca, por Mário Schenberg e George Gamow; as contribuições de Marcelo Damy de Souza Santos e Paulus Aulus Pompeia pelo aperfeiçoamento nos detectores de Raios Cósmicos.

Com o Golpe Militar de 1964 houve uma mudança dos paradigmas no cenário universitário. Concomitantemente a perseguição militar de físicos brasileiros que desenvolveram importantes contribuições como Schenberg, Leite Lopes e Tiomno (VIDEIRA, 2016, p. 15), houve também um investimento em pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias de importância econômica, quanto para uma maior emancipação bélica. Foi neste período, em 1966 que foi criada a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e como ressalta Videira (2016)

Os físicos, de sua parte, souberam (ou tiveram que) se adaptar a este cenário. E, a ele, responderam com uma atitude igualmente ambígua: com oposição ao regime e às perseguições, mas também com a aceitação de verbas estatais e o apoio tanto à pós-graduação quanto à expansão do sistema nacional de universidades federais. E vale lembrar que parte dos físicos brasileiros participou – direta ou indiretamente –

dos então grandes projetos de segurança nacional (energia, telecomunicações, armamentos, entre outros) (VIDEIRA, 2016, p. 15)

Assim, nos anos seguintes as principais pesquisas em Física foram desenvolvidas na região sudeste brasileira, em especial nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, principalmente nas áreas de “Física de altas energias, Física teórica, cosmologia, relatividade, astrofísica, diversas aplicações à tecnologia e à engenharia” (PEREIRA; LONDERO, 2019, p.5).

No relatório comemorativo dos 50 anos da SBF, organizado por GALVÃO (2016), são apresentados os principais aspectos do desenvolvimento dos diversos ramos da Física no Brasil, também é abordada a situação atual dessa ciência no país e as perspectivas futuras desenvolvidas pela SBF tanto teóricas, experimentais, no ensino e também na divulgação científica. Segundo dados do relatório

[...] no Brasil, há em torno de 180 doutores trabalhando na área da Física nuclear. Esse número é igualmente dividido entre físicos experimentais e teóricos. [...] A pesquisa nessa área no Brasil, é bem conhecida internacionalmente, com um número razoável de físicos nucleares que recebem convites regularmente para apresentar palestras em congressos internacionais; que compõe comitês internacionais para a organização de conferências; e que atuam como consultores científicos das revistas mais importantes da área. (LÉPINE-SZIL e HUSSEIN, 2016, p. 51)

Ressalta-se que apesar de a FMC estar presente em jornais, revistas, filmes, desenhos e encantar o imaginário humano, poucas pessoas sabem o que ela é e o que significa (GRUB, 2010, p.8). Dessa maneira, torna-se essencial que os conhecimentos de FMC façam parte do currículo de Física na EB, como salientam os documentos que orientam o ensino no Brasil e também os pesquisadores (em sua maioria professores-pesquisadores) sobre o ensino de Física.

Nesse sentido destaca-se a necessidade de apresentar impressões de alguns pesquisadores da área de ensino de Física que caracterizem a importância de se ensinar conteúdos relacionados à FMC na EB e quais perspectivas podem ser assumidas mediante tal compromisso educacional, como apresentado na próxima seção.

### 2.3 A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO DE FÍSICA: O QUE DIZEM OS PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO?

Pesquisas acerca do ensino de Física, mais especificamente sobre temas e conteúdos de FMC foram apresentadas inicialmente por: Terrazan (1992,1994), Valadares e Moreira (1998), Ostermann e Moreira (1998,2000), Pinto e Zanetic (1999), Ostermann e Cavalcanti

(1999) entre outros. Em tais pesquisas já salientava e justificava a urgência na atualização curricular no ensino de Física, principalmente devido a influência dos conhecimentos desta área para a compreensão do mundo atual e portanto necessários para “formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo” (OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p. 24).

No trabalho supracitado, Ostermann e Moreira (2000), após a realização de um levantamento bibliográfico, enunciam diversas justificativas apresentadas por pesquisadores e professores para inserção de tópicos de FMC no EM, dentre elas destacam-se:

- a) Segundo Terrazzan (1992,1994) a inserção dos temas de FMC no EM justificam-se pela influência destes na compreensão do mundo contemporâneo e neste sentido, necessários para os estudantes tornarem-se cidadãos conscientes e participativos na sociedade em que vivem;
- b) As justificativas apresentadas na III Conferência Interamericana sobre Educação em Física (BAJORAS, 1988 *apud* OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p.24):
  - despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
  - os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
  - é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;
  - é mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;
  - Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la. (OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p. 24);
- c) Algumas razões destacadas por Torre (1998a, *apud* OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p.25)
  - conectar o estudante com sua própria história;
  - protegê-lo do obscurantismo, das pseudociências e das charlatanias pós-modernas;
  - que o aluno possa localizar corretamente o ser humano na escala temporal e espacial da natureza;
  - FMC possui múltiplas e evidentes conseqüências tecnológicas;
  - por sua beleza, pelo prazer do conhecimento, porque é uma parte inseparável da cultura, porque o saber nos faz livres e valoriza a humanidade (OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p.25);
- d) Segundo Gil *et al.* (1987 *apud* OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p.25) a inserção de temas de FMC se faz necessária para que os estudantes possam desenvolver uma visão mais coerente do desenvolvimento da Física, superando a visão de que ela é uma Ciência desenvolvida de maneira linear e cumulativa.

As justificativas e os argumentos são diversos e reforçam a importância da presença da FMC tanto no currículo, quanto nos materiais e livros didáticos, bem como nas práticas didáticas desenvolvidas pelos professores. Ostermann e Moreira (1998) realizaram, utilizando a técnica Delphi<sup>1</sup>, uma consulta junto aos pesquisadores da área do ensino de Física quanto aos tópicos de FMC que careceriam ser abordados no ensino médio para que a atualização do currículo se fizesse efetiva. Os tópicos apresentam natureza conceitual diferenciada e contemplam “conceitos fundadores (sobre os quais é construída uma Mecânica Quântica), objetos complexos (que envolvem boa parte do que constitui a Física) e aplicações tecnológicas”, (REZENDE JUNIOR; SOUZA CRUZ, 2003, p.3) sendo estes:

[...] efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular, fibras ópticas (OSTERMANN; MOREIRA; 1998, p.75)

Como se pode perceber, as discussões sobre a inserção de temas de FMC no EM é ampla, tanto em relação às perspectivas dos temas essenciais a serem abordados e as possibilidades de inserção destes temas, quanto na necessidade de atualização curricular desta etapa da EB. Dentre as possibilidades de inserção dos temas de FMC na EB devido a importância dos mesmos como foi apresentada, torna-se fundamental como parte do processo considerar a transposição didática desses saberes com o intuito de tornar mais compreensível e próxima à realidade dos estudantes. Tais aspectos serão, portanto, apresentados na próxima seção.

#### 2.4 ALGUMAS PRERROGATIVAS PARA A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DOS SABERES DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

Os conhecimentos desenvolvidos nas diversas áreas das Ciências ao longo de séculos são transformados em outras formas de saberes até adentrar no ensino escolar. As transformações ocorridas com os saberes são o cerne da teoria da Transposição Didática (TD) desenvolvida no seio da Didática da Matemática, principalmente por Yves Chevallard em 1991.

---

<sup>1</sup> A técnica *Delphi* é uma forma de pesquisa, a fim de obter informações credíveis com especialistas na área em questão em situações decisórias e diagnósticas, caracterizando-se “como uma forma de encontrar consenso entre especialistas sobre pontos relevantes da sua realidade e de contextos correlatos” (ANTUNES, 2014, p.64).

Segundo Chevallard (1991) os conhecimentos são classificados como: o saber sábio, o saber ensinar e o saber ensinado. Em síntese, os conhecimentos científicos contidos em pesquisas acadêmicas desenvolvidas por pesquisadores e cientistas são denominados de *saber sábio*. Portanto este saber é julgado por uma comunidade científica, com valores e regras próprias para a sua validação, sendo divulgados principalmente nas revistas e periódicos científicos.

Entretanto, o saber sábio sofre modificações até chegar no ambiente escolar. No que diz respeito a tais transformações ou transposições didáticas (TD) (CHEVALLARD, 1991), a primeira ocorre quando este saber passa a integrar os programas de ensino, os livros e materiais didáticos, caracterizando-se como o saber a ser ensinado. No entanto,

[...] esfera do Saber a Ensinar tem uma composição extremamente diversificada. Esta heterogeneidade pode ser uma fonte de conflitos, visto que seus membros lutam sempre em defesa de seus interesses, que nem sempre estão em sintonia entre si. Podemos considerar como integrantes desta esfera os autores de livros didáticos e divulgação científica, os professores, os especialistas de cada área, todo o staff governamental envolvido com educação e ciências e, até mesmo, a opinião pública. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 394)

Nesse sentido, o saber a ensinar, por sua vez, é distinto do saber ensinado nas salas de aula. Porém, é no processo de ensino na sala de aula que o professor, com base no saber a ensinar e em princípios didáticos, que produz o saber ensinado (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

Cabe ressaltar que as diversas transformações que ocorrem com os saberes, desde a sua produção até a sala de aula, têm diversas influências, tanto internas quanto externas ao ambiente escolar. Essas influências são fruto do próprio local e esfera onde estes conhecimentos são produzidos e por isso nem todo saber produzido na academia chega até o ambiente escolar.

Existem diversos agentes que selecionam e regulam as transformações ocorridas com o saber sábio até este chegar no ambiente escolar. Segundo a teoria da transposição didática, tais aspectos compõem a **noosfera**, pode ser compreendida como

[...] o centro operacional do processo de transposição, que traduzirá nos fatos a resposta ao desequilíbrio criado e comprovado [entre os ideais e possibilidades dos saberes científicos] (expresso pelos matemáticos, pelos pais, pelos professores mesmos). Ali [na noosfera] se produz todo conflito entre sistema e entorno e ali encontra seu lugar privilegiado de expressão. Neste sentido [do conflito de interesses], a noosfera desempenha um papel de obstáculo. (CHEVALLARD, 1991, p.34 *apud* BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 393)

Conceitualmente, alguns agentes que constituem a noosfera são justamente os cientistas, professores, pais, editores de livros e materiais didáticos e políticos. Portanto, a

noosfera se preocupa em melhorar o ensino a partir da seleção e regulamentação dos saberes que irão promover um ensino e aprendizagem de qualidade. Assim, para que um saber sábio seja considerado essencial para sofrer TD e estar presente no ambiente escolar ele deve apresentar “uma gama de características julgadas em conjunto nas várias etapas do processo de transposição pelos atores envolvidos.” (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 395).

Neste sentido, considerando o enfoque temático dessa pesquisa, isto é, os temas de FMC a serem abordados no EM, optou-se por considerar as características salientadas por Chevallard (1991) e Astolfi (1997), que os conhecimentos precisam apresentar para que possam sofrer as transposições didáticas. Segundo Chevallard (1991), para que um saber entre no universo da sala de aula ele precisa apresentar cinco características. Assim um saber precisa ser:

- a) **consensual**, isto é, não é admissível que um conhecimento apresente dúvidas sobre o seu “status de verdade”.
- b) **atualizado**, neste sentido são caracterizados dois aspectos: moral e biológico. O primeiro salienta que um conhecimento, para que faça parte do currículo de um determinado nível de ensino, deve ser relevante para a sociedade e também não ser obsoleto a ponto de poder ser ensinado informalmente no ambiente familiar. O segundo diz respeito à validade deste conhecimento na ciência contemporânea, ou seja, este conhecimento precisa estar de acordo com os paradigmas vigentes. Neste sentido os conhecimentos desatualizados e/ou superados são ensinados na perspectiva histórica.
- c) **operacional**, isto é, um saber precisa possibilitar uma gestão do cotidiano escolar, a partir do desenvolvimento de uma sequência didática, exercícios, tarefas, entre outras atividades que permitam que seja avaliada a aprendizagem pelos estudantes. Caso um saber não apresente esta característica, “corre-se o risco de o aluno considerar aquele conteúdo sem importância, desistindo de disponibilizar esforços para aprendê-lo.” (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p.396)
- d) **criatividade didática**, implica que os saberes precisam apresentar a possibilidade de serem transpostos com características próprias do ambiente escolar e portanto, “objetos que não possuem similares no Saber Sábido, tornando-se criações que têm existência garantida somente na sala de aula” (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2006, p.6), como é o caso das atividades que envolvem associação de dispositivos elétricos, escalas termométricas e a cinemática em geral.

- e) **terapêutico**, essa característica vem a corroborar com as expressas anteriormente, pois um saber precisa ser possível de se adaptar ao ambiente escolar e ao sistema educacional vigente com os aspectos apresentados, caso contrário, ele não fará parte dos conhecimentos científicos abordados nos materiais didáticos e conseqüentemente na escola.

Com base nas características apresentadas por Chevallard (1991), Astolfi (1997) estipulou “as várias etapas ou regras, que conduzem a introdução no saber sábio até o saber a ensinar” (ASTOLFI, 1997). Essas etapas, devem então, ser observadas ao longo do processo da TDA saber e complementam os pressupostos apresentados por Chevallard. Segundo o autor, tratam-se de cinco regras: modernizar o saber escolar; atualizar o saber escolar; articular o saber novo com o antigo; transformar um saber em exercícios e problemas; tornar um conceito mais compreensível.

A primeira descreve a importância dos saberes escolares de modo a acompanharem, na medida do possível, o desenvolvimento tecnológico e científico. Esta etapa salienta a importância de serem abordados assuntos que fazem parte do cotidiano moderno dos estudantes e que acarretam em uma visão mais coerente do desenvolvimento científico, bem como suas técnicas de pesquisa e limitações. Nesse sentido, “a introdução de tópicos como “código de barras, funcionamento de um CD, termômetros óticos, fotocopiadora...”, por exemplo, são os indicativos de uma modernização do saber a ensinar”. (ALVES-FILHO, 2000, p.235).

A segunda aborda a necessidade de os saberes não se tornarem obsoletos, a ponto de os estudantes não precisarem ir para a escola para que desenvolvam aprendizagens relacionadas a estes. Dessa maneira é importante uma evolução dos currículos educacionais, visando eliminar os conhecimentos tido como familiares.

Alguns objetos do saber, com o passar do tempo, se agregam a cultura geral que, de certa forma, passa a dispensar o formalismo escolar. Outros perdem o significado por razões extracurriculares e/ou escolares. O uso de novas tecnologias leva ao mercado novos materiais e produtos, fazendo com que certos conteúdos associados às tecnologias mais antigas e já abandonadas, sejam descartados por falta de qualquer sentido. A introdução do novo leva ao descarte do antigo que não tem mais serventia. Atualmente tópicos como estudo de máquinas simples, entre elas o “sarilho”, régua de cálculo, termômetro de máximas e mínimas não fazem mais parte dos livros textos, confirmando a presente regra. Regra que poderia ser entendida como a “luta contra obsolescência didática” (ALVES-FILHO, 2000, p.236)

A terceira regra versa sobre a inevitabilidade de um conhecimento novo estar articulado a um ou mais saberes antigos. Essa característica é ressaltada por Gil Pérez (1987), como sendo uma possibilidade de inserção de temas de FMC no ensino tendo em vista: “o caráter não linear do desenvolvimento científico; às dificuldades que originaram a crise da

Física Clássica; às profundas diferenças conceituais entre a Física Clássica e a Moderna. (OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p. 27).

A quarta regra discute sobre a necessidade de os saberes possibilitarem a criação de exercícios e problemas. Segundo Alves Filho “certamente esta é a regra que reflete o maior grau de importância no processo transformador do saber, ao criar uma ligação muito estreita com o processo de avaliação.” (ALVES-FILHO 2000. p. 238). E ainda, com base nesta regra, os estudantes podem ser avaliados de uma maneira “neutra” de acordo com suas respostas ou com os seus resultados em testes, não havendo brecha para discussões e julgamentos, conforme apresentado pelo autor. Assim, a possibilidade de um saber ser transformado em exercícios, problemas e atividades aumenta a chance dele estar presente nos materiais didáticos e também na sala de aula.

A quinta e última regra diz respeito à necessidade de um saber tornar um conceito mais compreensível. Tendo em vista que ao longo da TD a linguagem representacional de fenômenos, entre outros, são modificadas para fazer parte dos materiais didáticos e também das explicações dos professores e

compatível com o nível de entendimento do estudante. Neste processo são criados objetos didáticos que permitem inserir elementos novos e facilitadores do aprendizado, assim como utilizar uma matemática adequada para aqueles que estão sendo iniciados neste tipo de saber. Pode-se exemplificar por meio do conceito de força que substitui a derivada pelo “delta”. (ALVES-FILHO, 2000, p. 239)

Além de compreender as características que os conhecimentos científicos precisam apresentar para que possam passar pela TD e assim apresentarem temas científicos a serem estudados em livros didáticos, é importante reconhecer conjuntamente como os documentos oficiais abordam os temas de FMC na promoção de uma educação de qualidade, que visem explicações sobre o funcionamento de algumas tecnologias mais atuais e também cada vez mais próximas à realidade dos estudantes. Diante da reconhecida importância desse assunto, optou-se por discorrer sobre o mesmo no próximo capítulo, com o intuito de perceber e aprofundar em aspectos centrais que norteiam o tema.

### **3 OS DOCUMENTOS OFICIAIS DO ENSINO NO BRASIL E LIVRO DIDÁTICO**

Como parte de uma organização nacional sobre os temas a serem socializados nos ciclos presentes na Educação Básica, nasce o PNLD. Nesse sentido, na seção 3.1 deste capítulo são apresentados e discutidos os princípios legais e educacionais que regulam e

orientam o EM no Brasil. São evidenciados alguns pressupostos legais presentes na Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nos Parâmetros Curriculares Nacionais, nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica para o Ensino de Física no Paraná, bem como na Base Comum Curricular, em especial aos aspectos concernentes ao Ensino de Física. A seção 3.2 é dividida em três subseções, onde são realizadas discussões acerca da importância e função do livro didático (3.2.1), bem como a apresentação dos pressupostos gerais da origem do Programa Nacional do Livro Didático no Brasil (3.2.2) e a evolução dos critérios de avaliação dos livros didáticos de Física, sobretudo da presença de temas da FMC (3.2.3).

### 3.1 OS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA

As perspectivas apresentadas pelos pesquisadores sobre a importância do ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) na educação básica (EB), sintetizados no primeiro capítulo, estão em consonância com os documentos que norteiam e regulamentam o ensino no Brasil. Dentre estes destacam-se a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB -Lei 9394/96), os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) publicados em 1999, os PCNEM+ publicados em 2002 e a Base Nacional Comum Curricular homologada em 2018.

O desenvolvimento e a promulgação da LDB é um dos marcos mais importantes na educação brasileira. A perspectiva de educação desencadeada por ela é extremamente notória, pois foi por meio dela que a educação escolar passou a ser obrigatória e garantida para as crianças de 4 até 17 anos. Nesse documento oficial também é explícito o dever do Estado, da família e da sociedade brasileira em geral, pelo zelo da qualidade da oferta de uma educação gratuita e que atenda as necessidades e desejos da população brasileira. Portanto, baseado nesse importante documento a educação pública brasileira, alicerçada “nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1996, art. 2).

É importante salientar que nessa época, no cenário estrutural da educação brasileira já se cogitava sobre a possibilidade de haver um alicerce que desse um suporte para o desenvolvimento dos estudantes. Esse aspecto pode ser percebido, por exemplo, no artigo 26 da LDB, onde é pressuposto o desenvolvimento de uma Base Nacional Comum para as etapas da EB brasileira que foi homologada em 2018, intitulada Base Nacional Comum Curricular .

art. 26. Os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos. (BRASIL, 1996, art. 26)

No artigo 35 é explicitado que o EM se constitui como a etapa final da EB. No parágrafo oitavo, inciso primeiro do mesmo artigo é salientado que os conteúdos, metodologias e avaliação no EM devem ser organizados de modo que o estudante demonstre, ao final da educação básica, o “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna”.

Com base nos princípios expressos na LDB, em 2000, o Governo Federal divulgou os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) que cumprem “o duplo papel de difundir os princípios da reforma curricular e orientar o professor” (BRASIL, 2000, p. 4). No documento o EM passa a ser definido como a última etapa da EB e portanto obrigatória para todos os cidadãos com menos de dezoito anos.

De início o documento contextualiza de forma histórica e estaticamente a educação brasileira que até então é dividida em quatro partes principais. A primeira é dedicada à apresentação das bases legais que consagram e orientam a EB no Brasil. As outras três partes são dedicadas para a apresentação de cada uma das áreas que compõem o EM. Dessa maneira o documento é estruturado da seguinte maneira: Parte I - Bases Legais; Parte II - Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; Parte IV - Ciências Humanas e suas Tecnologias.

Na parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias é apresentada uma sugestão para estrutura do EM, cuja intenção é imprimir

[...] uma explicitação das habilidades básicas, das competências específicas, que se espera sejam desenvolvidas pelos alunos em Biologia, Física, Química e Matemática nesse nível escolar, em decorrência do aprendizado dessas disciplinas e das tecnologias a elas relacionadas (BRASIL, 2000a, p.4).

Em complementação aos PCNEM, foram publicados em 2002 os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio + (PCNEM+). Esse documento foi dividido de maneira similar aos PCNEM, salientando que as áreas de conhecimento do EM, não se diluíssem ou se eliminassem, mas fossem integradas, interdisciplinares e complementares para o desenvolvimento processual dos estudantes. Com tal característica, esse documento

tem, entre seus objetivos centrais, o de facilitar a organização do trabalho da escola, em termos dessa área de conhecimento. Para isso, explicita a articulação das competências gerais que se deseja promover com os conhecimentos disciplinares e apresenta um conjunto de sugestões de práticas educativas e de organização dos currículos que, coerente com tal articulação, estabelece temas estruturadores do ensino disciplinar na área (BRASIL, 2002, p.7).

Na parte conferida ao eixo temático: *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* foram destacados os aspectos centrais para a uma nova percepção dos avanços tecnológicos para a Educação Básica e correlacionados com a FMC, visto que

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores (BRASIL, 2002, p.70).

Nos PCNEM+ também foram propostas organizações dos conhecimentos em cada uma das disciplinas da área, a partir de temas estruturadores. Na Física os temas estruturadores eram: 1. Movimentos: variações e conservações; 2. Calor, ambiente e usos de energia; 3. Som, imagem e informação; 4. Equipamentos elétricos e telecomunicações; 5. Matéria e radiação; 6. Universo, Terra e vida.

Esta organização foi apenas uma das possíveis e que, dentre outras, prezam o desenvolvimento de habilidades e competências, para que os estudantes ao ingressarem no EM pudessem atuar na sociedade como cidadãos mais conscientes do mundo em que vivem. É importante frisar que as competências e habilidades em Física estavam articuladas às outras disciplinas do EM, sendo agrupadas em três principais eixos

Há competências relacionadas principalmente com a **investigação e compreensão dos fenômenos físicos**, enquanto há outras que dizem respeito à **utilização da linguagem Física e de sua comunicação**, ou, finalmente, que tenham a ver com sua **contextualização histórica e social**. (BRASIL, 2002, p.62, grifo do autor)

Em contexto local, as Diretrizes Curriculares da Educação Básica para o Ensino de Física no Paraná destacam que as abordagens educacionais presentes no documento contribuem “para a compreensão dessa ciência como algo em construção, cujo conhecimento atual é a cultura científica e tecnológica deste tempo em suas relações com as outras produções humanas” (PARANÁ 2008, p.61) e dentre estas salientava-se que “uma abordagem em Física Moderna, é importante, também, o trabalho com o efeito fotoelétrico e a compreensão que a descoberta dos quanta de luz deu início à mecânica quântica e à imutabilidade da velocidade luz, como um dos princípios da relatividade (PARANÁ, 2008, p.61).

Nos dias atuais desfrutamos de um documento norteador, fruto dos desdobramentos e mudanças ocorridas no cenário estrutural da educação, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Homologada em 2018 e prevista no artigo 35 da LDB, na BNCC também são apresentadas as competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes ao longo

da Educação Básica e, portanto, a elaboração dos currículos nacionais passaram a ser orientados por esse novo documento oficial.

Ao contrário das competências e habilidades expressas nos PCNEM que não são conceitos unívocos, na BNCC esses conceitos são definidos explicitamente no documento, a saber:

Na BNCC, competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (BRASIL, 2018, p.8).

Neste sentido, “as habilidades expressam as aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos alunos nos diferentes contextos escolares” (BRASIL, 2018, p.29). O documento é dividido em três partes principais, dedicadas para cada uma das etapas da EB: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. No que concerne à etapa do EM, as disciplinas são divididas em quatro áreas principais: “Linguagens e suas Tecnologias no Ensino Médio”, “Matemática e suas Tecnologias”, “Ciências da Natureza e suas Tecnologias”, “Ciências Humanas e Sociais Aplicadas”.

Dessa maneira são apresentados os principais conhecimentos conceituais, competências e habilidades a serem desenvolvidos em cada uma das áreas. Em especial, na BNCC os temas de FMC são expressos brevemente em forma de conhecimentos a serem mobilizados com a finalidade de possibilitar o desenvolvimento de competências pelos estudantes na área da Ciências da Natureza. Na descrição da competência específica 1: *analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global*, enfatiza-se que para o desenvolvimento desta competência “podem mobilizar estudos referentes a: estrutura da matéria; [...] fusão e fissão nucleares; espectro eletromagnético; efeitos biológicos das radiações ionizantes” (BRASIL, 2018, p. 540).

No documento também é ressaltado que para o desenvolvimento da competência específica 3: *analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)*, também podem ser mobilizados conhecimentos atrelados a FMC como “produção de

armamentos nucleares; desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias de obtenção de energia elétrica; estrutura e propriedades de compostos orgânicos” (BRASIL, 2018, p. 544).

Em meio a estas perspectivas, esforços mútuos de professores, pesquisadores e órgãos responsáveis pela educação no Brasil vêm sendo realizados nas últimas décadas, visando a inserção de temas de FMC no EM. Dentre estes esforços, encontra-se o desenvolvimento de políticas para a avaliação, compra e distribuição gratuita de livros didáticos (LD) para os estudantes e professores da Educação Básica (EB), de maneira que o LD ainda “é o recurso instrucional mais utilizado no ambiente escolar (NEVEZ e VALADARES, 2004; CARNEIRO, SANTOS e MÓL, 2005 *apud* COIMBRA, 2007, p. 56).

Neste sentido, procura-se abordar no próximo tópico a história, importância e função do livro didático, em especial na EB brasileira. Paralelamente, julgou-se importante apresentar uma contextualização histórica do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), bem como as principais características deste programa e como ocorreu a evolução dos critérios de avaliação dos LD de Física do EM.

## 3.2 OS LIVROS DIDÁTICOS E O PNLD

### 3.2.1 Um pouco sobre a história e a função dos livros didáticos

A ação humana de registrar um fato, deixar uma marca ou até mesmo contar uma história remontam à antiguidade. No oriente eram utilizados ossos, cascos de animais e “estelas de pedra da China antiga e tabletas de argila da Mesopotâmia” (Jean-Yves Mollier, 2009, p. 522). De acordo com o autor pode-se observar que os materiais que deram suporte dos registros humanos transformaram-se ao longo dos séculos, dentre os quais também podemos destacar os papiros egípcios, pergaminhos presentes na biblioteca de Alexandria e os códices nos séculos I e II da era cristã.

Na Idade Média, em consequência da evolução na qualidade dos papéis e da invenção da prensa de impressão por Johannes Gutenberg no século XV, a produção dos livros começaram a ser dinamizadas, em especial, a bíblia e outros livros religiosos com intuídos catequéticos produzidos e distribuídos a grupos de elite.

Entretanto foi na Europa, entre o final do século XIX e início do século XX, que as edições dos livros começaram a ser impressas em larga escala e a leitura difundida para o público em geral. De acordo com o historiador Jean-Yves Mollier (2009), destacam-se os “livros azuis” dos campos franceses no período da Revolução Francesa; os “*dime lovers*”

americanos; coleções de livros de romance na França, Alemanha e Grã-Bretanha, bem como os “livros de bolso” difundidos na Inglaterra em meados de 1935.

No aspectos que tangem sobre a origem e a utilização dos livros ou manuais nos ambientes escolares, Ferraro (2012) destaca que:

Segundo Schubring (2003), os livros voltados ao ensino já existiam mesmo antes que fosse inventada a tecnologia para imprimi-los. Na Mesopotâmia, por volta de 2500 a. C., com a institucionalização do ensino de matemática e o aparecimento dos escribas, surgiram produções textuais como exercícios para os estudantes e manuais para uso dos professores e mestres. Na China do século VI d.C. havia uma estrutura curricular com livros textos para diversas áreas e, na antiga Grécia, registra-se o uso multidisciplinar do livro Os elementos de Euclides, que apresenta as bases da geometria (FERRARO, 2012, p.170)

De acordo com Choppin (2004), um dos maiores pesquisadores sobre os livros didáticos (LD) no cenário internacional e que balizou diversas pesquisas, inclusive brasileiras sobre estes materiais didáticos, o desenvolvimento de uma literatura escolar é complexo, pois dentre outros motivos, situa-se na intersecção de três gêneros textuais que participam dos espaços educacionais, a saber, a **literatura: religiosa, didática e “de lazer”**. Neste sentido o autor destaca que os LD assumem no ambiente escolar quatro funções essenciais que “podem variar consideravelmente segundo o ambiente sociocultural, a época, as disciplinas, os níveis de ensino, os métodos e as formas de utilização”(CHOPPIN, 2004, p. 553). São elas : **referencial, instrumental, ideológica e cultural, documental.**

1. Função referencial, também chamada de curricular ou programática, desde que existam programas 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. Mas, em todo o caso, ele constitui o suporte privilegiado dos conteúdos educativos, o depositário dos conhecimentos, técnicas ou habilidades que um grupo social acredita que seja necessário transmitir às novas gerações.

2. Função instrumental: o livro didático põe em prática métodos de aprendizagem, propõe exercícios ou atividades que, segundo o contexto, visam a facilitar a memorização dos conhecimentos, favorecer a aquisição de competências disciplinares ou transversais, a apropriação de habilidades, de métodos de análise ou de resolução de problemas, etc.

3. Função ideológica e cultural: é a função mais antiga. A partir do século XIX, com a constituição dos estados nacionais e com o desenvolvimento, nesse contexto, dos principais sistemas educativos, o livro didático se afirmou como um dos vetores essenciais da língua, da cultura e dos valores das classes dirigentes. Instrumento privilegiado de construção de identidade, geralmente ele é reconhecido, assim como a moeda e a bandeira, como um símbolo da soberania nacional e, nesse sentido, assume um importante papel político. Essa função, que tende a aculturar - e, em certos casos, a doutrinar - as jovens gerações, pode se exercer de maneira explícita, até mesmo sistemática e ostensiva, ou, ainda, de maneira dissimulada, sub-reptícia, implícita, mas não menos eficaz.

4. Função documental: acredita-se que o livro didático pode fornecer, sem que sua leitura seja dirigida, um conjunto de documentos, textuais ou icônicos, cuja observação ou confrontação podem vir a desenvolver o espírito crítico do aluno. Essa função surgiu muito recentemente na literatura escolar e não é universal: só é encontrada - afirmação que pode ser feita com muitas reservas - em ambientes pedagógicos que privilegiam a iniciativa pessoal da criança e visam a favorecer sua

autonomia; supõe, também, um nível de formação elevado dos professores. (CHOPPIN, 2004, p. 553)

O autor também ressalta que as principais pesquisas realizadas, até então, referentes aos LD são - comparadas a historicidade deste material didático - recentes e encontram-se principalmente situadas a partir da segunda metade do século passado. De acordo com Choppin (op. cit) os trabalhos referentes aos LD, são cada vez mais abundantes e podem ser distinguidos em duas principais categorias:

- aquelas que, concebendo o livro didático apenas como um documento histórico igual a qualquer outro, analisam os conteúdos em uma busca de informações estranhas a ele mesmo (a representação de Frederico II da Prússia, ou a representação da ideologia colonial, por exemplo), ou as que só se interessam pelo conteúdo ensinado por meio do livro didático (história das categorias gramaticais, por exemplo);
- aquelas que, negligenciando os conteúdos dos quais o livro didático é portador, o consideram como um objeto físico, ou seja, como um produto fabricado, comercializado, distribuído ou, ainda, como um utensílio concebido em função de certos usos, consumido — e avaliado — em um determinado contexto. (CHOPPIN, 2004, p.554)

É importante salientar que não é objetivo desta pesquisa apresentar exaustivamente os aspectos das pesquisas realizadas no cenário mundial e brasileiro sobre os LD, não obstante destacamos um panorama geral. No balanço realizado pela historiadora brasileira Kênia Hilda Moreira (2012) das pesquisas relacionadas ao livro didático entre 1950 e 2010, a pesquisadora destaca que foram localizados quarenta e três livros, vinte e três capítulos de livros, quarenta e três artigos e pouco mais de sessenta produções entre dissertações e teses neste período, sendo a maioria desenvolvida a partir da década de 1980. No que tange aos LD das matérias disciplinares da Educação Básica (EB) brasileira, foram encontradas apenas duas obras sobre os LD de Física.

Dada a importância do LD no cenário educacional, ele constitui-se como um amplo campo de pesquisas, tendo em vista também que para “entendê-lo, na sua função educacional, sua história e sua presença entrelaçada na vida social brasileira, é necessário considerar diferentes campos de estudo e privilegiar uma diversidade de fontes” (FERNANDES, 2004, p.533). A pesquisadora ressalta que entre as produções acadêmicas desenvolvidas no Brasil, a maioria tem como foco a análise do próprio LD e do seu conteúdo e neste sentido são analisados principalmente os discursos textuais e iconográficos, bem como são difundidos os conhecimentos científicos, sejam eles atualizados ou ultrapassados. Neste mesmo trabalho, Fernandes (2004) destaca que nas últimas décadas também estão sendo desenvolvidos em um

maior número os trabalhos referentes à segunda categoria apresentada por Choppin (2004) e destacadas a priori neste trabalho.

É no cenário das pesquisas educacionais que tem como foco o LD no ensino brasileiro que podemos inferir a primazia deste material didático no país. Há uma vasta produção brasileira que apresenta a evolução do LD no território nacional, bem como as políticas públicas voltadas para a regularização e distribuição destes. Neste sentido, também não é o foco dessa pesquisa, rerepresentar exaustivamente a história do LD no Brasil e do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), pois outros pesquisadores o realizaram os quais se destacam (Hallewell (2005), Cassiano (2007), Dominguini (2010), Moreira (2009), Cavalcante (2013), Almeida (2019)). Entretanto, considerou-se importante ressaltar alguns aspectos gerais da evolução histórica e política, bem como seus impactos na permanência, seleção e distribuição dos LD na EB brasileira, em especial, no ensino de Física.

O início da presença do LD no Brasil remete à segunda metade da década de 1830, quando foi criado no estado do Rio de Janeiro, o Colégio Dom Pedro II (Hallewell, 2005) e neste período a maioria dos livros consistiam em traduções de manuais franceses (Lorenz, 2008). As influências francesas também estavam presentes nas metodologias didáticas do ensino no Brasil até meados da segunda metade do século XX, quando as influências norte americanas começaram a tomar espaço no cenário educacional brasileiro.

A preocupação com a qualidade e distribuição das obras didáticas, data desde o Estado Novo (Era Vargas) quando foi promulgado o Decreto - Lei nº 93, de 21 de dezembro de 1937 que institui a criação do Instituto Nacional do Livro (INL) que tinha como principais competências a organização, publicação e edição de obras didáticas brasileiras e de interesse para a cultura nacional, bem como a criação de estratégias para o barateamento da importação de livros estrangeiros e a organização e manutenção de bibliotecas públicas brasileiras.

No ano seguinte, por meio do Decreto-Lei nº 1.006, de 30/12/38, é instituída a Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), estabelecendo a primeira política de legislação e controle de produção e circulação do livro didático no País. Com a promulgação do Decreto-Lei nº 8.460, de 26/12/45 é que se consolida a primeira legislação sobre as condições de produção, importação e utilização do livro didático.

Com o advento do final da Segunda Guerra Mundial e em especial com o lançamento do satélite Sputnik em 1957 pela União Soviética, os programas educacionais norte-americanos começaram a ser modificados visando uma atualização e melhoria do ensino secundário e superior no país. Na área das Ciências Naturais, como resultado da colaboração entre órgãos governamentais, pesquisadores e educadores americanos, destacam-se os

projetos *Physical Science Study Committee* (PSSC) no ensino de Física, o *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS) no ensino de Biologia, o *Chemical Education Materials Study* (CHEM Study) e o *Chemical Bond Approach* (CBA) no ensino de Química.

Todos os projetos se caracterizaram pelo desenvolvimento de materiais especializados, como livros didáticos, manuais de laboratório, guias para o professor, equipamentos de laboratório, filmes, estudos de caso, leituras suplementares, e materiais desenvolvidos para alunos especiais, e outros (LORENZ, 2008, p.10)

Em função do sucesso inicial dos projetos curriculares americanos, em especial, por estarem de acordo com o paradigma educacional que preconizava uma nova visão da natureza da Ciência, do desenvolvimento científico e também da maneira como o ensino da Ciência deveria ocorrer, o movimento de renovação do ensino norte americano começou a influenciar os programas de ensino em outros países, que começaram a modificar seus projetos curriculares e por consequência, os materiais didáticos.

Neste período foi criado no Brasil o Instituto Brasileiro de Educação, Ciências e Cultura (IBECC), que no início tinha como principal incumbência a atualização dos conteúdos até então ensinados nas escolas secundárias brasileiras, bem como tornar o ensino prático.

Assim, entre 1952 e 1956, os primeiros projetos do IBECC se envolveram com a produção e a divulgação de "kits" de Química, ou seja, "caixas" contendo materiais para a realização de experiências simples nas escolas secundárias. Conforme observado na época, "[...] esperava-se, que, através das atividades propostas nos 'kits', os alunos desenvolvessem uma atitude científica quando confrontados com problemas." (BARRA; LORENZ, 1986, p. 1972 *apud* LORENZ, 2008, p.15).

Assim, no início da década de 1960 começaram a ser traduzidos e adaptados os manuais didáticos americanos, para nos anos seguintes serem distribuídos no Brasil. Destacam-se ainda a presença dos manuais do BSCS, os textos de PSSC e CBA, respectivamente no ensino de Biologia, Física e Química, que devido a parceria firmada entre o IBECC e a Universidade de Brasília foram traduzidos e distribuídos quase quarenta mil exemplares no país. Essa ação fomentou no ano seguinte um importante marco histórico apresentado por Maybury (1975 *apud* LORENZ, 2008, p.16), onde o mesmo cita que entre 1961 e 1964, quase dois mil professores da educação básica brasileira foram treinados para utilizar corretamente os materiais traduzidos, destacados acima.

No início da década de 1970 foram redefinidas as políticas do IBECC e a fim de continuar melhorando o ensino no Brasil houve o entendimento de que era "preciso focalizar na criação de materiais nacionais que atendessem às necessidades imediatas dos alunos brasileiros." (LORENZ, 2008, p. 17). Assim, nos anos seguintes ocorreu um movimento de esforços nacionais com a publicação de novas leis, projetos, programas e investimentos na busca por uma melhoria no ensino e também na produção de materiais didáticos brasileiros

nos moldes da IBECC. Neste panorama evidencia-se também a importância dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) na operacionalização e financiamentos dos LD. Lorenz (2008) destaca que os livros didáticos, tanto para o estudante, os manuais para os professores, quanto materiais para laboratório e também audiovisuais

[...] nas décadas de 1960 e 1970, foram desenvolvidos, ao todo, quarenta e dois projetos curriculares que resultaram na produção de materiais didáticos. Em geral, os materiais partiram de uma percepção única de como ensinar as ciências, esta refletindo os princípios que fundamentaram o desenvolvimento dos grandes projetos curriculares norte-americanos da década de 60: melhor estruturação dos conteúdos para aumentar a compreensão, diminuição da memorização e ênfase no processo de investigação científica vivenciado pelo aluno. (BARRA; LORENZ, 1986 *apud* LORENZ, 2008, p. 19-20).

Após o fim do período ditatorial no Brasil houve modificações no INL com a promulgação do Decreto nº 91.542, de 19 de Agosto de 1985, que instituiu o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Na próxima seção serão apresentados as principais características, incubências e revoluções desencadeadas pelo PNLD na educação brasileira.

### 3.2.2 O Programa Nacional do Livro Didático

De acordo com o breve histórico apresentado na página do Governo Federal<sup>2</sup>, o PNLD é o programa brasileiro mais antigo de avaliação e distribuição gratuita de materiais didáticos para as escolas públicas que iniciou-se com outra denominação, INL, em 1937. Alguns aspectos das primeiras fases de aquisições, criações e distribuições dos LD no Brasil foram apresentadas na seção anterior e neste sentido, pretende-se nesta seção apresentar um panorama geral da segunda grande fase do PNLD, a partir da segunda metade da década de 1980.

A segunda fase do PNLD é datada com a promulgação do Decreto nº 91.542, de 19 de Agosto de 1985, o qual teve como principal objetivo a distribuição gratuita de LD para as escolas públicas brasileiras de 1º Grau e apresentar duas alterações substanciais em relação às políticas públicas vigentes. A primeira, expressa no Art. 2º, diz respeito à participação necessária dos professores na análise e indicação dos LD utilizados na EB. A segunda, expressa no Art. 3º, refere-se ao desenvolvimento do programa, que tem como requisito básico a adoção de livros reutilizáveis.

<sup>2</sup> Disponível em:

<<http://www.fnde.gov.br/component/k2/item/518-hist%C3%B3rico#:~:text=O%20Programa%20Nacional%20do%20Livro,com%20outra%20denomina%C3%A7%C3%A3o%2C%20em%201937.&text=1937%20%2D%20O%20Decreto%2DLei%20n%C2%BA,o%20Instituto%20Nacional%20do%20Livro>>.  
Acesso em 26 mar. 2021.

O decreto é composto por nove artigos e não apresenta muitos detalhes da operacionalização das distribuições das obras, entretanto destaca a incumbência das secretarias de ensino na “formulação, supervisão e avaliação da Política do livro didático” (BRASIL, 1985, Art. 5º) e como salientado a priori, a importância dos professores no processo de análise e indicação das obras a serem utilizadas em cada escola. Neste sentido, entre 1985 e 1992 não houve a publicação de orientações mais explícitas sobre os critérios de seleção das obras didáticas pelos professores da EB, além de um manual com a relação das obras e da operacionalização do processo de escolha, disponibilizados pela Fundação de Assistência ao Estudante (FAE) (ALMEIDA, 2019).

O cenário de avaliação dos LD começou a mudar com a publicação da Portaria nº 1130 em 05 de agosto de 1993, na qual o Ministro da Educação e Desporto instituiu a criação de um grupo de trabalho (GT) composto por cerca de vinte membros e com o intuito de melhorar a seleção e avaliação dos LD distribuídos e por consequência, assegurar a qualidade das obras presentes nas escolas.

No ano seguinte a equipe começou a avaliar os LD e estabelecer critérios de seleção e procedimentos avaliativos destes, em especial, nos critérios relacionados ao projeto visual da obra e a especificidade do currículo básico de cada uma das disciplinas e áreas do conhecimento. Assim, até o final do século XX foram selecionadas, avaliadas e distribuídas obras com base nas orientações legais e também dos Manuais para a Indicação do Livro Didático desenvolvido pelos GT, possibilitando a universalização no território brasileiro da distribuição de LD voltados às disciplinas do 1º grau.

Com a promulgação da LDB em 1996, o Ensino Médio (EM) foi estabelecido como a etapa final da EB brasileira. Neste sentido, com a publicação da Resolução CD/FNDE nº 38 de 15 de outubro de 2003 foi criado o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), inicialmente como Projeto-Piloto (2005-2007) com o intuito de prover às escolas públicas de LD de qualidade trienalmente.

Entretanto, em 2006 foi divulgado o resultado da primeira avaliação dos LD de Física que somente em 2009 passaram a ser amplamente distribuídos para as escolas de EM. Almeida (2019) ressalta que este cenário de assistência integral no PNLEM 2009 pode ser resultado da nova redação do inciso VII do Art. 208 da Constituição Federal, no qual é expresso como dever do Estado “atendimento ao educando, em todas as etapas da educação básica, por meio de programas suplementares de material didático-escolar, transporte, alimentação e assistência à saúde.” (BRASIL, 1988, Art. 8).

Recentemente com a promulgação do Decreto nº 9099, de 18 de julho de 2017, que dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (que permanece com a mesma sigla, PNLD) estabeleceu que em todas as etapas da EB brasileira, inclusive a Educação de Jovens e Adultos (EJA) deveriam ser contempladas por materiais didáticos avaliados e distribuídos amplamente e gratuitamente às instituições de ensino.

Neste sentido os LD de Física são selecionados, avaliados e distribuídos desde o PNLEM de 2009. A título de contextualização, os livros passam por algumas etapas, desde a sua criação até chegar às mãos dos professores e estudantes. Estas etapas seguem as determinações expressas na Resolução/CD/FNDE nº 38, de 15 de outubro de 2003. Inicialmente é divulgado no Diário Oficial da União um Edital de Convocação, possibilitando a quem tiver interesse (os titulares dos direitos autorais da obra), a participação no processo de escolha dos livros, a partir da inscrição dos LD. A segunda etapa consiste na triagem dos livros, a fim de constatar se eles estão de acordo com os critérios organizacionais expressos no edital, para serem encaminhados à SEMTEC/MEC com o intuito de passarem por uma avaliação pedagógica. As etapas subsequentes são:

Pré-Análise –consistirá na verificação das obras que atenderem às especificações mínimas definidas no edital.

Avaliação Pedagógica: obedecerá aos critérios constantes de Edital, resultando na elaboração do catálogo pela SEMTEC;

Produção Gráfica do Catálogo de Escolha: consistirá na contratação dos serviços para produção gráfica do catálogo e dos demais instrumentos para escolha e distribuição dos livros didáticos às escolas;

Escolha dos Livros: consistirá no processo de escolha dos livros pelos professores, no âmbito das escolas.

Processamento dos Dados: processar-se-á as informações contidas nos formulários devolvidos pelas escolas para que se estabeleça a quantidade de livros didáticos a serem adquiridos;

Habilitação: consistirá na análise da documentação apresentada pelo(s) Titular(es) de Direitos Autoral;

Aquisição: dar-se-á, por intermédio de negociação direta com o(s) Titular(es) de Direito Autoral, com base no caput do artigo 25 da Lei nº 8.666/93;

Distribuição: consistirá na contratação de empresa especializada para a entrega dos livros didáticos às escolas beneficiadas pelo PNLEM;

Monitoramento: realizar-se-á em duas etapas: a primeira, nas editoras, compreenderá a supervisão da produção, mixagem e expedição dos livros e a segunda, nos estados, representará o acompanhamento do processo de recebimento dos livros, em parceria com as Secretarias de Estaduais e os Órgãos Municipais de Educação. (BRASIL, 2003, Art. 8º)

Após esse processo, os livros aprovados são apresentados aos professores em forma de uma catálogo conhecido como Guia do Livro Didático<sup>3</sup>, disponibilizado às escolas

<sup>3</sup> O Guia do PNLD é um documento que contempla orientações para os professores realizarem a escolha das obras didáticas; uma visão geral das coleções aprovadas, com descrições e análises sobre as possibilidades de utilização das mesmas. Além desta ampla caracterização das obras é de conhecimento dos professores e também de quem frequenta as escolas públicas, que algumas editoras enviam material de divulgação sobre suas coleções, mesmo esta ação sendo proibida há alguns anos pela Portaria Normativa nº 7, de 2007.

normalmente no final do ano letivo que precede o ano de distribuição das obras. Por meio dele, aos professores são apresentadas as características gerais da obra para ser escolhida e utilizada como uma das fontes de seus planejamentos. Por exemplo, os livros didáticos aprovados no PNLEM 2009 foram disponibilizados para a escolha dos professores, por meio do Guia em 2008 e os professores precisavam comunicar por meio de uma plataforma *online*, as obras de suas preferências, para que no início do ano letivo de 2009, as obras fossem entregues às escolas e distribuídas aos estudantes e professores.

Ressalta-se que ao longo dos anos os critérios de seleção e avaliação das obras didáticas foram sendo modificados e aprimorados em função de estudos na área da educação e também em função da promulgação de leis, decretos, portarias, entre outros. É de interesse desta pesquisa apresentar um panorama geral das principais características e evoluções dos critérios de avaliação dos LD de Física aprovados nos PNLD. Para tanto, na próxima seção, elas serão expressas procurando situar o leitor quanto às disposições gerais dos PNLD em que os LD de Física foram distribuídos amplamente às escolas brasileiras.

### **3.2.3 Os livros didáticos de Física: evolução dos critérios de avaliação entre o PNLEM 2009 e o PNLD 2018**

É sabido que os LD não são os únicos materiais didáticos presentes nas salas de aula das escolas brasileiras, pelo contrário, eles coexistem com diversas ferramentas educacionais. Sobretudo no cenário brasileiro a história das últimas décadas, com o advento da facilidade de acesso às tecnologias digitais e à internet, há uma multiplicidade de recursos educacionais que buscam desenvolver os estudantes nos aspectos que tangem o desenvolvimento de competências e habilidades expressas nos documentos que regulam e orientam o ensino no Brasil.

Entretanto faz-se necessário salientar que “o livro didático desempenha papel fundamental nas instituições de qualquer nível de ensino, numa tentativa de organizar os conteúdos, orientar a prática do professor e, finalmente constituir-se numa fonte importante de estudos para o aluno” (KIOURANIS *et al.*, 2010, p. 1507-8).

É justamente pelo caráter essencial nas escolas brasileiras - haja vista que o LD se constitui como um material didático que permeia as salas de aulas brasileira há décadas - que a estruturação das coleções LD<sup>4</sup> fazem toda a diferença na qualidade do ensino dentro e fora

---

<sup>4</sup> Tanto em relação a organização dos conteúdos presentes nas obras, as abordagens metodológicas, a qualidade gráfica, o uso e escalas das imagens e figuras, as analogias realizadas, bem como as orientações presentes no manual do professor.

da sala de aula - já que, ainda hoje, ele se constitui como principal material de consulta aos estudantes.

Assim, com o intuito de conhecer a presença da FMC nos LD aprovados no PNLD de 2018 será verificado por meio de leituras dos editais e guias dos PNLD a partir de 2009, a evolução da obrigatoriedade da presença da FMC nos LD e os avanços para a inserção temática na EB. A partir dos pressupostos apresentados anteriormente neste capítulo, podemos situar os principais critérios de seleção e avaliação dos LD de Física entre o PNLEM 2009 e o PNLD 2018

O primeiro edital publicado para avaliação dos LD de Física - juntamente com outras disciplinas do EM, tornou-se público no ano de 2006 (referente ao PNLEM 2009), o segundo tornou-se público em 2009 (referente ao PNLD 2012), já o terceiro em 2013 (referente ao PNLD 2015) e quatro em 2015 (referente ao PNLD 2018). Após as coleções das obras serem aprovadas no PNLD (nas etapas salientadas na seção anterior), o Ministério da Educação envia às escolas o Guia do PNLD.

O primeiro guia do LD de Física foi intitulado Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio - Física publicado e distribuído às escolas em 2008. Na primeira parte foi apresentada uma carta aos professores, ressaltando a importância de ler o guia e também é realizada uma apresentação geral do documento. Em seguida é dedicada uma seção para apresentar os princípios e critérios comuns à avaliação de obras didáticas para o EM.

Dentre os critérios eliminatórios encontram-se critérios comuns referentes à: correção e adequação conceituais e correção das informações básicas; coerência e pertinência metodológicas; preceitos éticos. Além disso, são apresentados critérios comuns de qualificação, quanto às perspectivas apresentadas no LD; os conteúdos e linguagens abordadas e também a estrutura geral do livro e manual do professor.

Em relação ao edital do PNLEM 2009 é importante salientar que os livros de Física foram incluídos a partir do “edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas a serem incluídas no catálogo do programa nacional do livro para o Ensino Médio- PNLEM/2007”(BRASIL, 2005) e não haviam na época critérios específicos por disciplina, mas sim por área de conhecimento.

Assim, os critérios específicos de Física eram os mesmos que os de Química e Biologia e constituíam critérios de qualificação e eliminação. Não havia, neste edital, nenhum critério (eliminatório ou de qualificação) referente à presença da FMC no ensino de Física, entretanto algumas obras didáticas apresentavam na nomenclatura a Física Moderna. Outra característica importante do PNLEM 2009 é que os livros poderiam ser em um volume único

ou em três volumes (um para cada série do EM). Assim foram aprovados no PNLEM 2009 três coleções (cada uma composta por três volumes) e mais três LD em formato de volume único.

No edital do PNLD 2012, o atendimento ao EM foi ampliado e passou a contemplar, entre outras matérias, a Física. Em relação aos critérios de avaliação para as obras inscritas no PNLD 2012, estes consistem em: critérios eliminatórios comuns a todas as áreas de conhecimento e critérios eliminatórios específicos para cada disciplina, diferentemente da edição anterior.

Os critérios comuns são semelhantes aos expressos no edital de 2007 e referem-se a concordância dos conteúdos dos livros e as diretrizes educacionais do EM; aos princípios éticos; a atualização de conceitos próprios de cada disciplina; coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica da obra; características e finalidades do manual do professor e sua coerência com a obra; além da adequação da estrutura gráfica e qualidade do projeto gráfico da obra.

Em relação aos critérios específicos de Física, expressos na seção destinada as Ciências da Natureza, foram expressos dezessete critérios para o livro do estudante e nove sobre o manual do professor. Destacamos abaixo o critério do livro do estudante onde correlacionam-se diretamente com aspectos da FMC.

(16) trata, sempre de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de **Física Moderna e Contemporânea** e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho; (BRASIL, 2009, p. 40, grifo nosso).

Quanto aos critérios de análise do manual do professor, destaca-se que, como era esperado, nenhum tratava especificamente da FMC. Entretanto o edital reforçava alguns pontos fundamentais na obra, tais como: a importância de o manual proporcionar a superação das visões deformadas da Ciência; se continha uma fundamentação teórica condizente com as pesquisas contemporâneas no ensino de Física; se estimula o professor a aprimorar-se ainda mais; se permitem que o professor aprofunde seus conhecimentos sobre a Física e também se apresenta sugestões sobre a resolução dos exercícios propostos aos estudantes (BRASIL, 2009). Destaca-se em especial o último critério, tendo em vista que a maioria dos professores de Física na EB brasileira não são formados em Física e também que muitos não tiveram ao longo de sua formação um contato considerável com temas de FMC.

(9) apresenta referências bibliográficas atualizadas e de qualidade, que orientem o professor em relação a leituras complementares, tanto sobre os temas que deve

abordar em suas aulas, quanto sobre questões relativas ao processo de aprendizagem e às metodologias de ensino.(BRASIL, 2009, p. 41)

Já o Guia do PNLD 2012 foi estruturado da seguinte maneira: foi realizada uma apresentação geral do Guia e também da Física como disciplina escolar do EM; descrição das etapas da avaliação dos LD de Física; em seguida são expressos os critérios de avaliação das obras em geral e também dos critérios eliminatórios em todas as disciplinas e em especial na Física; ficha de avaliação<sup>5</sup>; resenhas das obras aprovadas. As resenhas das dez coleções aprovadas foram estruturadas da seguinte maneira: inicialmente foi apresentada uma *visão geral da obra* e seus principais destaques; *descrição*, onde são apresentadas a organização das obras, isto é, a distribuição dos conteúdos em cada volume, unidade, capítulo e quantidade de páginas; *análise da obra*, onde é dado destaque às ênfases curriculares das obras, as propostas das seções e questões problemas, também “descrevendo como foi a inserção dos assuntos relativos à Física Moderna e Contemporânea, à experimentação, à História da Ciência, entre outros aspectos, e as recomendações no Manual do Professor;” (ALMEIDA, 2019, p.146). Por fim são discutidos aspectos de utilização das obras *em sala de aula*, em especial, sobre como é organizada a sequência didática dos conteúdos, a proposta didático-pedagógica e o projeto editorial, destacando como as obras podem ser articuladas ao dia a dia da sala de aula.

No edital do PNLD 2015 foram expressas as regras e prazos para convocação do processo de inscrição e avaliação de obras didáticas. Em geral o edital é semelhante ao edital do PNLD, mas com uma proposta diferente de todos os demais editais (publicados até 2018) que consiste na exigência das editoras submeterem obras multimídia, compreendendo livros impressos e digitais. Os livros digitais devem contemplar a totalidade dos conteúdos dos LD impressos, além de objetos educacionais digitais como vídeos, simuladores, animações, imagens, jogos, textos e outros materiais que auxiliem na aprendizagem dos estudantes. (BRASIL, 2013).

Os critérios de avaliação tanto das obras em geral, quanto os critérios específicos dos LD de Física são praticamente os mesmos, mas há duas diferenças significativas. A primeira diz respeito ao caráter interdisciplinar da obra, que no edital do PNLD 2012 consistia em um critério específico de cada disciplina, já neste edital este é um critério geral das obras. A

---

<sup>5</sup> composta por cinco blocos (a saber, legislação e cidadania; abordagem teórico-metodológica e proposta didático- pedagógica; conceitos, linguagens e procedimentos; manual do professor; projeto editorial) organizados a partir dos critérios que compõem o Edital de Convocação PNLD 2012, onde cada bloco é composto de um conjunto de indicadores (critérios), cada um expresso por uma afirmação. “Assim, o não cumprimento de qualquer um dos indicadores abaixo registrados implicou na não recomendação da coleção, referente ao componente curricular “Física”, no âmbito do PNLD 2012 Ensino Médio.” (BRASIL, 2011, p.18)

segunda diferença diz respeito a dois critérios que foram acrescentados, em relação ao PNLD 2012, referentes aos livros digitais. Sendo estes:

- (4) respeito à perspectiva interdisciplinar na apresentação e abordagem dos conteúdos;
- (8) pertinência e adequação do conteúdo multimídia ao projeto pedagógico e ao texto impresso (BRASIL, 2013, p. 39).

Há uma terceira diferença que considera-se importante de apresentar. Esta refere-se a um critério do manual do professor que quando comparado com o PNLD de 2012, desdobrou-se em dois no PNLD 2015. A estrutura do Guia do Livro de Física do PNLD 2015 é semelhante a do Guia do PNLD 2012. As principais diferenças dizem respeito a equipe técnica de professores universitários que desenvolveram a resenha das obras. É importante destacar, que em relação ao nosso objeto de estudo, a FMC presente nos LD de Física do EM, este Guia, no segundo bloco, referente aos: "Conceitos, Linguagens e Procedimentos", a equipe técnica acrescentou um indicador referente a FMC. O item é o seguinte: "Contempla e aborda, de forma adequada e pertinente, conhecimentos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea" (BRASIL, 2014, p. 23).

O quarto edital do PNLD referente às obras didáticas de Física é o edital do PNLD 2018 e sua estrutura é semelhante a dos dois editais anteriores (PNLD 2012 e 2015). Os critérios de avaliação das obras em geral e também específicos de cada disciplina também são os mesmos. Entretanto neste edital constam cinco critérios de classificação por área de conhecimento e no que tange às Ciências da Natureza e suas Tecnologias, sendo eles:

- Para a área de Ciências da Natureza será observado se a obra:
- a. Orienta a proposta de ensino da área para uma formação humana integral que considere a diversidade de aspectos sociais e culturais relacionados às juventudes que frequentam o ensino médio no Brasil.
  - b. Evidencia formas de articulação entre diferentes campos de saberes específicos, como a contextualização e a interdisciplinaridade, para a organização didático-pedagógica dos conteúdos de ensino e das atividades propostas;
  - c. Apresenta abordagens integradas dos conteúdos tratados com propostas de atividades interdisciplinares que considerem a importância da interação entre os componentes curriculares da área de Ciências da Natureza e de outras áreas;
  - d. Desenvolve os conteúdos e as atividades, de forma contextualizada, considerando tanto a dimensão social e histórica da produção de conhecimento quanto à dimensão vivencial dos estudantes no que se refere à preparação para a vida e para o exercício profissional no mundo do trabalho;
  - e. Possibilita o acesso a diferentes linguagens e formas de expressão cultural para o estudo integrado dos conteúdos de Biologia, Física e Química.
- Assim sendo, no processo de avaliação das obras de Biologia, Química e Física, serão consideradas as observações e os critérios eliminatórios específicos da área de Ciências da Natureza, acima mencionados, os critérios eliminatórios comuns indicados no item 2.1, e os critérios eliminatórios específicos abaixo discriminados. (BRASIL, 2015, p. 55).

Assim as obras que não contemplam aspectos interdisciplinares e não contextualizam os temas abordados com a realidade dos estudantes, a princípio, devem ser eliminadas e não chegar às salas de aula.

No que diz respeito ao Guia do Livro de Física do PNLD 2018 é importante destacar que é a primeira vez que ele é desenvolvido de maneira totalmente digital. Sua estrutura é semelhante a dos dois guias anteriores. Já os livros completos são acessados pelos professores a partir de uma chave de acesso, disponibilizada às escolas e por consequência aos professores.

A partir dos apontamentos e discussões realizadas nesta seção pôde-se concluir que ao longo das quatro primeiras edições que contemplam os LD de Física (PNLEM 2009 e PNLD: 2012, 2015 e 2018) há apenas um critério eliminatório (presente nos três últimos) que aborda de maneira explícita a importância da presença da FMC nas obras. Sendo assim, é necessário que a coleção:

[...] trata de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho; (BRASIL, 2009, p.41; 2013, p.67; 2017b, p.20)

Podemos inferir também que nos Guias do Livro Didático referente aos editais supracitados, apenas nos dois últimos (PNLD: 2015 e 2018) há uma menção explícita em um indicador da necessidade de o manual do professor abordar tópicos de FMC. Portanto, com base nos pressupostos apresentados nos capítulos 02 e 03 do referencial teórico serão apresentados no próximo capítulo os aspectos metodológicos que balizam a pesquisa, os quais harmonizam a proposta investigativa com os referenciais teóricos até o momento apresentados.

#### **4 ASPECTOS METODOLÓGICOS**

Neste capítulo são apresentados os pressupostos metodológicos que orientam a pesquisa e neste sentido, abrange informações que discorrem desde a obtenção das informações temáticas a serem analisadas, quanto à utilização das ferramentas de análise consideradas para uma melhor exploração do material selecionado. Na seção 4.1, destacou-se a natureza, as características da pesquisa e os objetos de análise. Já na seção 4.2 são apresentadas e discutidas as ferramentas de análise com base na Análise de Conteúdo de

Bardin (2002), além dos aspectos de elaboração da ficha catalográfica, utilizada como auxílios nos processos de categorização, interpretação e inferência.

#### 4.1 - CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E OBJETOS DE ANÁLISE

Todo pesquisador ao realizar uma pesquisa precisa se balizar em pressupostos teóricos essenciais e também em técnicas de pesquisas que o auxiliem no cumprimento dos objetivos. Neste sentido, a metodologia científica tem como premissa básica a orientação do pesquisador no desenvolvimento da sua pesquisa, com base em determinados procedimentos metodológicos.

Em função dos princípios teóricos e metodológicos, a presente pesquisa constitui-se em uma investigação de natureza qualitativa. A motivação da escolha da abordagem qualitativa deve-se ao fato de a pesquisa situar-se no campo da educação, mais especificamente, nas análises de LD de Física na EB brasileira. Além do fato de que esta perspectiva de investigação é a que melhor se enquadra nos objetivos estabelecidos.

Sobre esta abordagem de pesquisa, Flick (2009) defende que:

A pesquisa qualitativa parte da ideia de que os métodos e a teoria devem ser adequados àquilo que se estuda. E que usa o texto como material empírico (em vez de números), parte da noção da construção social das realidades em estudo, e está interessada nas perspectivas dos participantes, em suas práticas do dia a dia e em seu conhecimento relativo à questão em estudo (FLICK, 2009, p.9)

Neste sentido, os documentos obtidos para esta pesquisa são versões digitais dos volumes 3 (destinado aos terceiros anos do EM) dos LD do professor, aprovados no PNLD 2018 (apresentados na tabela 01).

Tabela 01 - Livros didáticos de Física aprovados no PNLD 2018 que constituem o universo da pesquisa.

COLEÇÃO 01	BARRETO, B.; XAVIER, C. Física aula por aula: 3º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
COLEÇÃO 02	BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H. Física: 3º ano. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016
COLEÇÃO 03	BONJORNO, V. <i>et al.</i> Física: 3º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
COLEÇÃO 04	GASPAR, A. Compreendendo a Física. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016. v. 3.
COLEÇÃO 05	GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física: interação e tecnologia. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016. v. 3.
COLEÇÃO 06	GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. Física. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016. v. 3
COLEÇÃO 07	LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. G. Física: contexto & aplicações: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016. v. 3.
COLEÇÃO 08	MARTINI, G. <i>et al.</i> Conexões com a Física. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 3.
COLEÇÃO 09	PIETROCOLA, M. <i>et al.</i> Física em contexto: 3º ano do ensino médio. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.
COLEÇÃO 10	TORRES, C. M. A. <i>et al.</i> Física: ciência e tecnologia. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 3.
COLEÇÃO 11	VÁLIO, A. B. M. <i>et al.</i> Ser protagonista: Física: 3º ano do ensino médio. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.
COLEÇÃO 12	YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. Física para o ensino médio. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 3.

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

É importante salientar que foram escolhidos os livros do professor, pois na primeira parte do livro, ele apresenta extensões ao livro do estudante como alguns comentários extras, normalmente destacados em outra cor e fonte. Já a segunda parte consiste em um manual do professor com recomendações e orientações de utilização do livro, bem como textos conceituais extras (que não estão presentes no livro do estudante). Na próxima seção são detalhados os aspectos concernentes a análise de conteúdo.

#### 4.2 FERRAMENTAS DE ANÁLISE

A análise de conteúdo (AC) proposta por Bardin (2002, p. 31) trata-se de um “conjunto de técnicas de análise das comunicações” (grifo do autor), que tem por objetivo a descrição dos conteúdos presentes em mensagens através de procedimentos sistemáticos, que em outras palavras busca-se conhecer o que está por trás das palavras sobre as quais o pesquisador se debruça. Bardin (2002), salienta que a AC é constitui-se atualmente em:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 2002, p. 42)

As técnicas de AC diferem-se da análise documental em alguns aspectos. Consideramos importante salientar um deles, que diz respeito à manipulação dos textos presente nos documentos. Enquanto na análise documental o pesquisador visa expressar o conteúdo presente nos textos de maneira resumida, a título de armazenamento e consulta futura, na AC o pesquisador, a partir da manipulação de mensagens, tanto em relação aos próprios conteúdos, quanto às suas expressões nos LD, torna-se capaz de “evidenciar os indicadores que permitam inferir sobre outra realidade que não a da mensagem” (BARDIN, 2002, p. 46)

As etapas de uma análise de conteúdo são: a **pré-análise**, etapa na qual o pesquisador realiza a leitura flutuante e a categorização das principais características do texto; a **inferência**, etapa na qual busca-se destacar as causas e conseqüências concernentes às primeiras descrições das mensagens presentes nos textos dos LD; e a **interpretação**, onde são expressas as verdadeiras significações destas mensagens.

A fase inicial de organização onde são escolhidos os textos, formuladas as primeiras hipóteses, os objetivos de estudo de um texto e também onde são elaboradas algumas categorias para uma interpretação nas etapas futuras, é chamada de pré análise. As ações realizadas nesta etapa não seguem uma ordem cronológica, tendo em vista suas próprias características procedimentais e de maneira geral é dividida em duas partes principais: leitura flutuante e a categorização. É na “leitura flutuante” que o pesquisador tem um primeiro contato com o texto e tem as primeiras impressões e orientações.

Nessa pesquisa, a pré-análise se constitui na busca pelos livros didáticos de Física aprovados no PNLD 2018. Estes foram obtidos de maneira online nos sites das editoras e em outros sites online. Em seguida, realizamos a localização dos conteúdos de FMC e verificamos que eles se encontram, na maioria das obras, situados no último volume (a saber volume 03, destinado aos terceiros anos do EM). Os temas de FMC também estão presentes

em alguns boxes e textos de divulgação científica, dispersos ao longo da maioria dos volumes um e dois (destinados, respectivamente, ao primeiro e segundo anos do EM).

Ainda como parte da pré-análise, Bardin (2002) assinala o processo de categorização, no qual são realizados recortes, enumerações e classificações em categorias das principais unidades representativas presentes nos textos. Em relação a esta etapa, Bardin salienta que “categorização é uma operação de classificação dos elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogias), com os critérios previamente definidos” (BARDIN, 2002, p.117)

Na presente pesquisa, a categorização consiste na descrição dos temas de FMC contidos nos LD do estudante e também no manual do professor. No que diz respeito aos temas presentes nos livros didáticos, as características que serão observadas referem-se ao número de páginas por tema; as abordagens metodológicas dos textos (onde e como os temas são abordados); o posicionamento dos textos no LD (se ao longo do livro ou em capítulos definidos); de que forma se são propostas atividades experimentais (se no início, no meio ou final de um texto); se há sugestão de materiais extras como vídeos e simuladores e como são apresentadas as figuras utilizadas como modelos de explicações fenomenológicas.

Em relação às atividades, foram observadas: a quantidade e quais os tipos de perguntas são realizadas nos exercícios (de cunho conceitual, matemático...). Paralelamente, foram verificadas no manual do professor como são apresentados os quesitos referentes à maneira de utilização do livro, as propostas de atividades e as sugestões de resolução das questões propostas aos estudantes.

A segunda etapa da análise de conteúdo é chamada de inferência. “Se a descrição é a primeira etapa necessária e se a interpretação é a última fase, a inferência é o processo intermediário, que vem permitir a passagem, explícita e controlada, de uma à outra” (BARDIN, 2005, p. 39).

Nesta etapa, tem-se por intuito a realização de uma análise das categorias estabelecidas (e que podem ser modificadas futuramente, em função da própria constituição da AC, como destacado a priori) na pré-análise “visando encontrar, por lógica ou dedução fatores de agrupamento, comparação ou até mesmo diferenciação entre os conteúdos apresentados nos textos” (DOMINGUINI, 2010, p.36).

A terceira etapa da análise de conteúdo é a interpretação, onde procura-se analisar as categorias que surgiram no processo da inferência, com o intuito de encontrar informações que nos auxiliem na busca por respostas frente aos nossos questionamentos iniciais. Neste sentido Ferreira (2000, p. 18) alerta para

[...] a relação entre a pesquisa e a teoria durante toda etapa de interpretação. Por isso, “é preciso voltar atentamente aos marcos teóricos, pertinentes à investigação, pois eles dão o embasamento e as perspectivas significativas para o estudo. A relação entre os dados obtidos e a fundamentação teórica, é que dará sentido à interpretação.” (FERREIRA, 2000, p.18 *apud* DOMINGUINI, 2010, p. 36).

Na presente pesquisa esta etapa é caracterizada pelas análises das categorias resultantes da segunda etapa da AC, isto é, da inferência. Com base na interpretação dos dados encontrou-se elementos suficientes para responder a pergunta de pesquisa e também subsídios para atingir os objetivos geral e específicos da pesquisa. Em outras palavras, os dados obtidos, levantados e amarrados ao longo das etapas de pesquisa são apresentados nas considerações finais, concluindo a AC da FMC presente nos LD aprovados no PNLD 2018.

Na próxima seção são apresentados os principais aspectos da ficha catalográfica, desenvolvida para auxiliar durante o processo de classificação, categorização e interpretação dos dados, sendo estes elementos centrais que norteiam a AC.

#### 4.3 ELABORAÇÃO DA FICHA CATALOGRÁFICA

A partir da pré-análise, foi observada a necessidade de se catalogar algumas unidades de registro que emergiram das obras e com base nestas, foi sendo construída uma ficha catalográfica que apresenta uma descrição qualitativa das obras analisadas. Nesse sentido, elementos circunstanciais foram considerados como características subjetivas das obras e foram apontadas de forma integral no apêndice A. No entanto, para uma informação pontual dos aspectos presentes na ficha catalográfica elaborada, levou-se em consideração elementos, como: (a) “identificação da obra”; (b) “aspectos relacionados com a FMC no livro do estudante”, (c) “possíveis correlações entre a teoria da transposição didática e as abordagens teórico-metodológicas presentes nos livros” e (d) “observância das características e finalidades específicas do Manual do Professor”.

Referente ao primeiro aspecto, a “identificação da obra”, optou-se por considerar o nome do autor ou autores, a formação acadêmica de cada um e a editora a qual a obra pertence. A formação acadêmica tornou-se um aspecto importante, pois percebeu-se que nas coleções, sempre havia algum(a) autor(a) licenciado(a) em Física, porém não eram todos. Esse argumento pode acabar influenciando na forma de apresentação do conteúdo, visto que a licenciatura contém elementos de formação essenciais para a produção de materiais centrado na formação do estudante.

No segundo aspecto, identificado como: “Aspectos relacionados com a FMC no livro do estudante”, foi subdividido em três características as quais formam o bojo central da análise a ser realizada. A primeira delas refere-se às descrições gerais dos temas de FMC nos livros didáticos. Essa característica abarca: “localização dos temas de FMC”; “capítulos ou unidades específicas para abordar os temas de FMC”; “temas de FMC que são abordados” e a “quantidade de páginas destinadas à FMC”.

A observância da localização dos temas de FMC nos livros, bem como quais temas são abordados e a quantidade de páginas destinadas aos temas de FMC, deve-se ao fato de que a partir de tais observações é possível evidenciar aspectos da importância que os autores das coleções dão a inserção da FMC no Ensino Médio, bem como os temas de FMC apresentam maior relevância para os autores.

A localização dos temas de FMC nos livros nos permitem levantar hipóteses se estes irão possivelmente ser abordados pelos professores, pois estão presentes ao longo de todos os capítulos ou unidades das obras ou se estes estão restritos apenas ao último capítulo ou unidade do terceiro volume. Tal aspecto transmite uma ideia de que serão abordados em sala de aula caso o professor “vença os outros assuntos que os antecedem”, isto é, se houver tempo e disponibilidade no curso do ano letivo. Além de que a abordagem exclusiva nas últimas seções dos livros do terceiro volume pode dar a ideia de desarticulação dos conhecimentos a outros temas presentes em todos os anos do Ensino Médio.

Em relação ao terceiro aspecto: “possíveis correlações entre a teoria da transposição didática e as abordagens teórico-metodológicas presentes nos livros”, observou-se nos livros didáticos: “se há uma sequência didática dos temas de FMC”; “se há sugestão de atividades experimentais e onde elas aparecem (no início, meio ou fim de um texto); “se há sugestão de simulações ou animações interativas como Phet Colorado e Vascak”; “se as figuras apresentam escalas adequadas e/ou a sinalização da modelização dos fenômenos em escalas não realísticas” e “se há hiperlinks (de textos, vídeos, animações, simulações online) nos textos”.

No que diz respeito às observações expressas no parágrafo anterior, considera-se importante salientar que os conhecimentos de FMC não devem ser abordados apenas como caráter informativo sem uma articulação entre os saberes. Entende-se, porém, que os mesmos devem ser evidenciados além dos fatores conceituais, também aspectos da História da Ciência e consequências de tais conhecimentos no nosso entendimento da natureza, da própria evolução da Física, bem como aplicações em modernas tecnologias presentes no cotidiano contemporâneo. Isto posto, considera-se a intenção de investigar os temas mais recorrentes

nas coleções e se os autores apresentam uma sequência didática na apresentação destes temas, além de se esta sequência apresenta um caráter articulado ao desenvolvimento histórico da Ciência ou de correlação entre subáreas da Física.

O caráter dos exercícios, questões ou problemas resolvidos nos livros didáticos e também propostos aos estudantes evidenciam quais aspectos os autores consideram importantes, bem como as habilidades e competências desejadas que os estudantes desenvolvam. Na perspectiva, considera-se essencial identificar as sugestões de leituras complementares, experimentos, simulações ou outras atividades práticas com o intuito de auxiliar na aprendizagem dos estudantes, bem como as orientações presentes nos livros dos estudantes e dos professores.

Por fim, em função do quarto aspecto: “observância das características e finalidades específicas do Manual do Professor”, considerou-se elementos como: “orientações sobre a maneira (ou possibilidades) de utilização do LD”; “textos referenciais de leitura complementar”; “propostas extras de atividades e práticas pedagógicas que ampliem a abordagem teórico-metodológicas presentes no LD do estudante para melhor compreensão do tema; “apresentações e/ou sugestões de resolução das questões propostas aos estudantes” e se há algum “guia de uso de simuladores, softwares, animações e outras TICs”.

Estas análises são essenciais, pois mesmo sabendo que cada sujeito (estudante ou professor) utiliza o livro didático de maneira distinta, a qualidade do material pode potencializar ou limitar o seu caráter de complemento didático (em meio há outros recursos didáticos presentes no ambiente escolar), tendo em vista também a predominância histórica destes como orientador do planejamento didático do professor e também como fonte de pesquisa bibliográfica confiável.

Nesse contexto, o livro didático também tem o potencial de ampliar os recursos didáticos utilizados com qualidade em sala de aula, a partir de sugestões, guias de uso e de práticas pedagógicas aos professores (e porque não aos estudantes?). Como os volumes analisados ainda estão presentes nas salas de aula, ainda cabe verificar se as sugestões em formatos de hiperlinks e outras TICs são acessíveis e possíveis de serem utilizados.

Diante da abordagem mediada pela elaboração da ficha catalográfica, foi possível realizar algumas inferências relacionadas aos aspectos gerais de cada obra e enunciar seis categorias que são “elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogias), com os critérios previamente definidos” (BARDIN, 2002, p.117) e que foram sinalizadas de acordo com a interpretação

advindas das semelhanças e dessemelhanças entre as obras, de acordo com suas características, uma vez que as tais, são subjetivas em relação aos autores e/ou às editoras.

Num sentido mais amplo, as categorias foram enunciadas a partir do referencial teórico apresentado no primeiro capítulo desta pesquisa, norteada pelos autores Chevallard (1991) e Astolfi (1997). Tais pressupostos teóricos apresentaram um certo grau de profundidade para a interpretação dos resultados, sendo esta a última fase da análise de conteúdo (BARDIN, 2002). No próximo capítulo serão abordados os principais resultados e as discussões formadas a partir dos elementos aqui apresentados.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. PERCEPÇÕES PANORÂMICAS DAS OBRAS**

De posse das coleções dos livros didáticos selecionados pelo PNLD de 2018, teve-se por primeiro passo realizar uma leitura flutuante (BARDIN, 2002) para evidenciar as principais características das obras. Com o intuito de tornar mais abrangente a análise a ser realizada, considerou-se também o livro didático do professor. Optou-se por utilizar esse material, pois estes apresentam, além do conteúdo destinado aos estudantes, uma seção extra destinada aos professores. Esta abordagem extra constitui-se em um complemento da análise, por trazer elementos ímpares que são características subjetivas da editora e, portanto, um importante foco de análise.

Nos dados aqui a serem apresentados, portanto, destacam-se as etapas principais que surgiram a partir das próprias fases da Análise de Conteúdo. Após a reunião dos três volumes de cada uma das coleções, realizou-se uma leitura flutuante na busca de encontrar onde estavam os temas de FMC nas obras didáticas. Concluiu-se, portanto, que de modo específico, o conteúdo relacionado à FMC estava alocado no livro três de cada obra. Entretanto, eventualmente foi possível encontrar fragmentos textuais nas coleções que se desdobravam no terceiro livro.

#### **5.1.1. Localização dos Conteúdos da FMC**

A partir da análise dos conteúdos presentes nos livros das coleções podemos destacar nos livros em três aspectos específicos: a) apresentam temas de FMC circunscritos apenas no

terceiro volume da coleção, b) apresentam temas de FMC em caixa de diálogos no primeiro ou segundo volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume, c) apresentam temas de FMC brevemente no primeiro ou segundo volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume. Tal abordagem resultou na Tabela 02.

Tabela 02 - Localização de discussões e abordagens de temas relacionados à FMC nas obras selecionadas

Localização da FMC nas obras selecionadas	Identificação da Obra
Em caixa de diálogos no primeiro volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume	01, 02, 03, 05, 08, 10, 11 e 12
Brevemente em um dos primeiros volumes dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume.	07 e 09
Circunscrito apenas no terceiro volume da coleção.	04 e 06

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A partir do primeiro aspecto relacionado à leitura flutuante prefigurada na indagação: “onde são evidenciados os temas da FMC nos LD?”, constatou-se que eles estão presentes em todos os terceiros volumes das coleções, fato extremamente relevante e comentado com entusiasmo na seção sobre as resenhas, no Guia do PNLD 2018, dos LD aprovados.

Outro aspecto positivo são as abordagens interessantes e contextualizadas sobre a Física Moderna e Contemporânea, o que sinaliza a superação de outro grande desafio para a atualização da gama de assuntos tratados no Ensino Médio. (GUIA PNLD, 2017, p.27)

Diante dos aspectos considerados, apenas as coleções 04 e 06 apresentam os temas de FMC circunscritos exclusivamente no terceiro volume, sem nenhuma menção à temática nos outros volumes. Já as coleções 07 e 09 apresentam brevemente alguns tópicos de FMC também como conteúdo do livro em um dos outros dois volumes. Na coleção 07, estão presentes no segundo volume em dois momentos como conteúdo e uma vez em uma caixa de diálogo. No capítulo 03: “Termodinâmica”, quando são abordadas as trocas de calor por irradiação térmica é dado destaque a radiação eletromagnética emitida pelo Sol, que é fundamental para a nossa sobrevivência. Neste sentido afirma-se que a luz é uma onda eletromagnética, a faixa de luz visível do espectro eletromagnético e que “O espectro de emissão da superfície de uma estrela é similar ao espectro de um corpo negro, que é um corpo opaco que emite radiação térmica.” (LUZ, ÁLVARES, GUIMARÃES, 2016b, p. 62).

Os autores supracitados também abordam em uma página, algumas características de um corpo negro e discute o fato de que a curva do espectro de corpo negro apresentado é de

um corpo contínuo, entretanto não fazem mais citação aos espectros contínuos ou discretos. Os autores findam a presença da FMC na seção ao comentar que o deslocamento da curva do espectro em função do aumento de temperatura é conhecido como a lei do deslocamento de Wien e apresenta sua expressão matemática.

Na unidade 03: “Ópticas e ondas” é abordado brevemente a natureza corpuscular da luz proposta por Newton e em uma página as “observações experimentais que favorecem o modelo ondulatório” (Luz, Álvares, Guimarães, op.cit.) proposto por Huygens. Os autores afirmam que a disputa entre qual modelo estava correto foi fundamentada pelos resultados experimentais apresentados pelo físico Foucault, de que a velocidade de propagação da luz na água é menor que no ar.

A teoria corpuscular de Newton, ao explicar a refração, previa exatamente o contrário. Dessa maneira, as ideias de Newton sobre a natureza da luz tiveram de ser definitivamente abandonadas, pois elas levavam a conclusões que estavam em desacordo com os resultados experimentais. (LUZ, ÁLVARES, GUIMARÃES, 2016b, p. 185)

Quando é abordado o efeito doppler, também é salientado nesta mesma obra que ele ocorre para a luz, pois ela apresenta caráter ondulatório e por isso, ocorre uma variação na sua frequência manifestada na mudança da cor da luz percebida pelo observador. Os autores salientam que este efeito só é perceptível se a fonte de luz estiver se movendo com uma velocidade muito grande e o que são: linhas de absorção, *blueshift* e *redshift*, apresentando uma imagem sobre os deslocamentos.

No quadro Física em contexto intitulado “A expansão do Universo”, são abordadas as observações de Edwin Hubble do afastamento das galáxias que, de modo que “esse resultado levou os cientistas a concluir que o Universo está em expansão, isto é, as galáxias estão se afastando de nós (ou melhor, umas das outras) com velocidades muito grandes, sendo tais velocidades tanto maiores quanto mais distantes elas se encontrarem”. (LUZ, ÁLVARES, GUIMARÃES, 2016b, p.229) No quadro *verifique o que aprendeu* são propostas duas questões de RFC sobre o modelo ondulatório da luz e quatro sobre o efeito doppler da luz.

A respeito da coleção 09, os temas de FMC estão presentes no volume 01. Logo no primeiro capítulo, quando são abordados os modelos de mundo propostos por diversas sociedades, a teoria do *big-bang* e a teoria de Hubble sobre a expansão do Universo em dois parágrafos são apresentadas. Os autores salientam no livro do professor (em texto destaque com outra cor) que a lei de Hubble será tratada de maneira detalhada no volume 3. No capítulo 10, ao tema “Gravitação Universal” é dedicada uma seção para a evolução estelar,

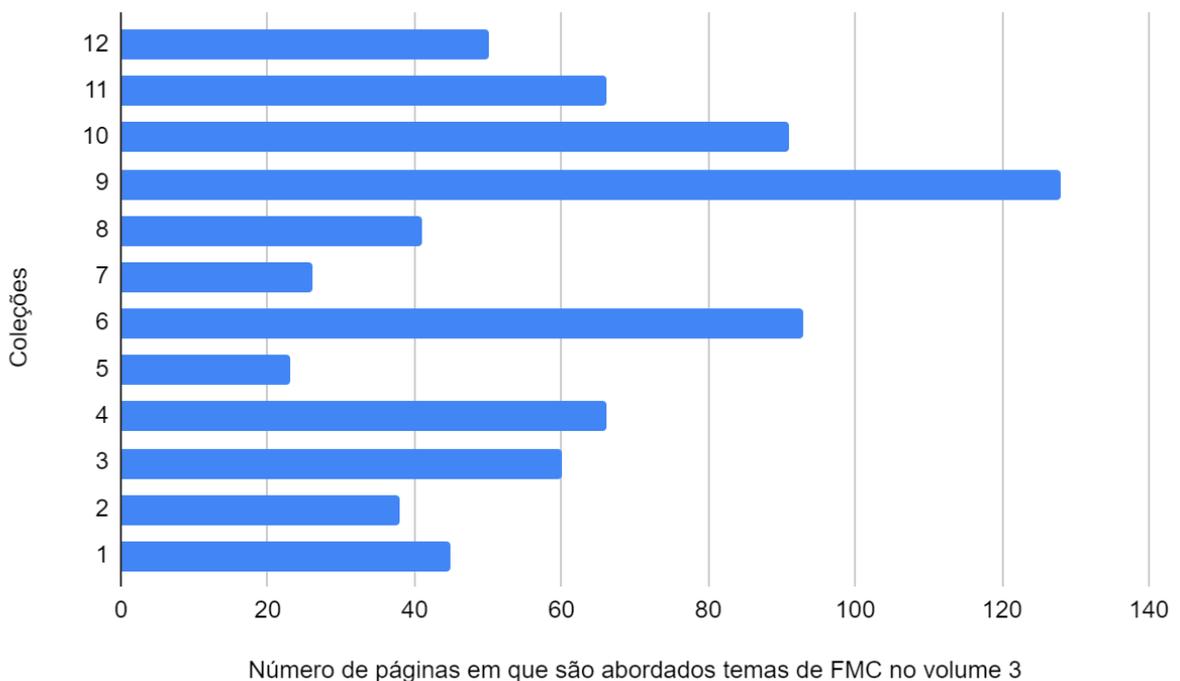
onde é apenas comentado que ocorre o processo de fusão no interior das estrelas e dada uma maior ênfase para a o diagrama H-R desenvolvido por Ejnar Hertzsprung e Henry Russel e as etapas da evolução de uma estrela até a sua “morte”.

Já as outras nove coleções apresentam discussões sutis, em poucas linhas ou parágrafo sobre a existência da área de FMC no primeiro capítulo do primeiro volume e também em algumas caixas de diálogos diversas, com aplicações tecnológicas, recortes históricos e até mesmo em alguns casos apenas comentando sobre a existência de alguns tópicos e evidenciando que estes serão estudados no terceiro volume.

### 5.1.2. Número de Páginas destinada aos Conteúdos

Um aspecto importante a ser considerado trata-se do “número de páginas em que são evidenciados os temas de FMC” Diante da percepção desse item foi possível elaborar um gráfico comparativo entre as obras expostas na figura 01.

Figura 01 - Número de páginas em que são abordados temas de FMC no volume 3

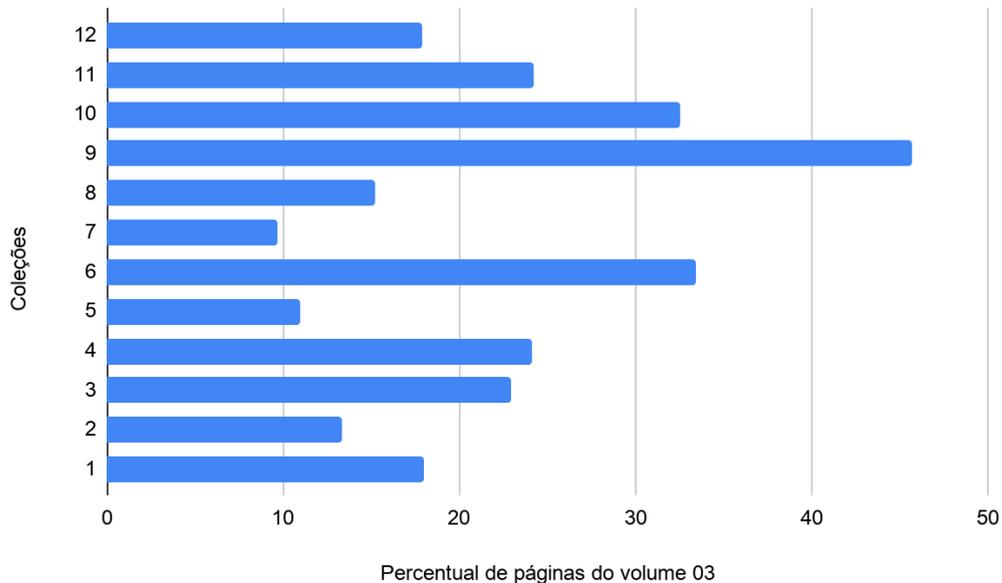


Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Nota-se que a maior parte das coleções discute temas de FMC em um número relevante de páginas (>50). Em especial, as coleções 06 e 09 são as que dedicam uma maior quantidade de páginas dos temas relacionados à FMC. Levando em consideração o percentual

de apresentação do tema da FMC apresentado em cada livro, percebe-se os aspectos apresentados na figura 02.

Figura 02 - Percentual de páginas em que são abordados temas de FMC no volume 3



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Embora não seja parte do objetivo da pesquisa avaliar a quantidade de informações expostas pelas obras selecionadas, sugere-se que a ênfase dos autores em se abordar um determinado assunto revele a importância do mesmo para seus autores. Na figura 02 pôde-se observar que para discutir aspectos referentes à Física desenvolvida nas últimas décadas, as coleções 05<sup>6</sup> e 07<sup>7</sup> são as que utilizam uma menor porcentagem da obra dedicada a abordar temas de FMC, cerca de 10%.

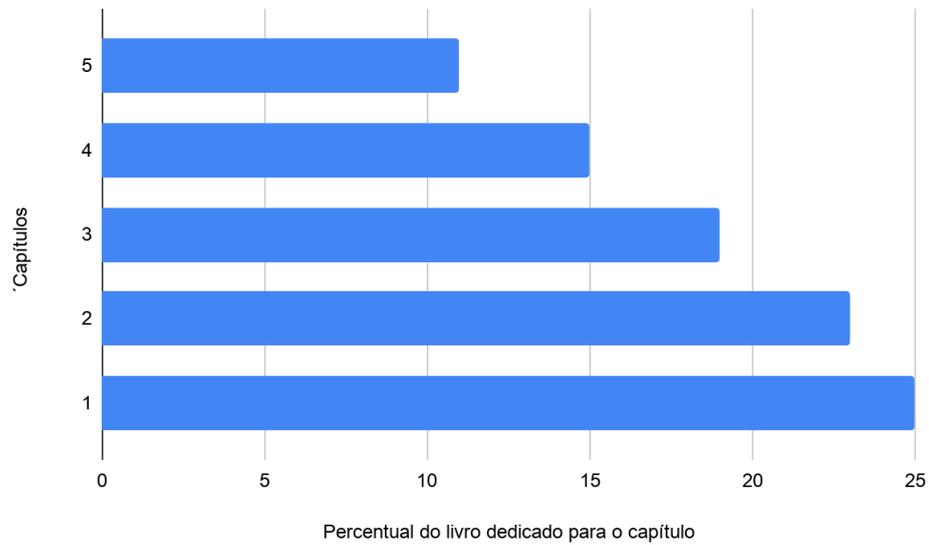
Ao comparar o percentual do livro dedicado para abordar outros assuntos, nas coleções 05 e 07, podemos inferir que temas de FMC são menos relevantes para os autores destes livros didáticos que tópicos de eletricidade, eletrodinâmica, magnetismo e eletromagnetismo. Na figura 03 e 04 são apresentados o percentual de páginas dedicadas à abordagem de outros temas nos respectivos livros das coleções.

Figura 03 - Percentual das páginas dedicadas aos capítulos no terceiro livro da coleção 05. Os capítulos elencados no eixo vertical são respectivamente: Capítulo 01: Eletrodinâmica: aparelhos e circuitos elétricos. Capítulo 02: Campo elétrico, tensão e modelo de corrente

<sup>6</sup> Coleção 05: GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física: interação e tecnologia. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016. v. 3.

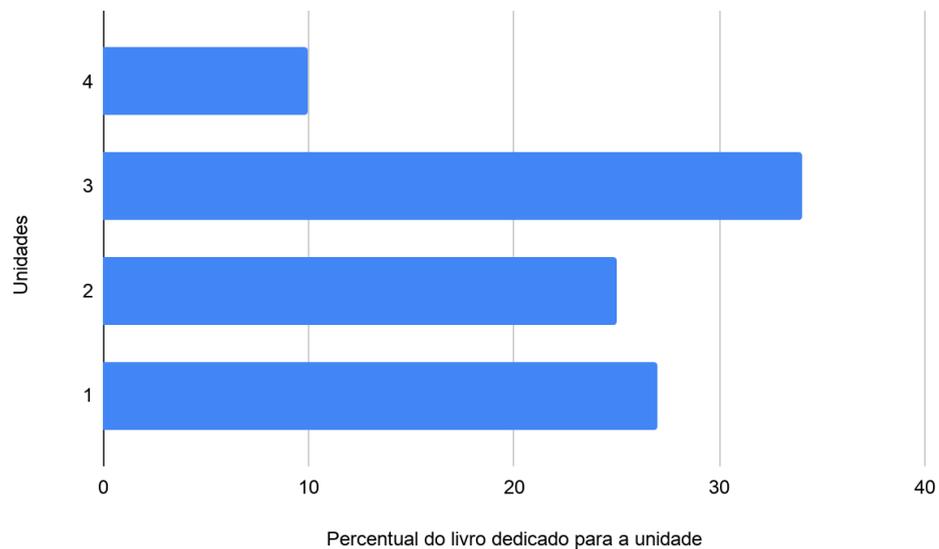
<sup>7</sup> Coleção 07: LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. G. Física: contexto & aplicações: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016. v. 3.

elétrica. Capítulo 03: Magnetismo e eletricidade. Capítulo 04: Energia elétrica: produção e distribuição. Capítulo 05: Tópicos de Física Moderna



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Figura 04 - Percentual das páginas dedicadas aos capítulos no terceiro livro da coleção 07. As unidades elencadas no eixo vertical são respectivamente: Unidade 01: Campo e potencial elétrico. Unidade 02: Circuitos elétricos de corrente contínua. Unidade 03: Eletromagnetismo. Unidade 04: Física contemporânea



Fonte: Elaborado pela autora.

Diante dos percentuais representativos das coleções 05 e 07 (figuras 03-04), pode-se inferir que há, da parte dos autores, uma abordagem diminuta quando relacionado a FMC devido aos percentuais expressos nas figuras acima.

### 5.1.3. Representações fenomenológicas por ilustrações

Outro tópico muito importante a ser considerado na apreciação inicial do material selecionado foi a forma como os autores “representavam as ilustrações”. A partir de seis aspectos, em função das características das obras, optou-se por destacá-los como: (a) a obra apresenta figuras representativas que auxiliam na ilustração ou modelização; (b) as figuras estão em conformidade com o texto, favorecendo sua compreensão; (c) contém figuras que apresentam aplicações tecnológicas dos conhecimentos; (d) apresenta imagens de cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da FMC; (e) as figuras apresentam numeração, título, legenda e/ou texto explicativo do assunto; (f) as legendas evidenciam quando uma figura não está em escala ou proporção adequada e cores fantasias. Os aspectos considerados neste tópico podem ser encontrados no apêndice C.

A partir dos dados expressos no apêndice, nota-se que todas as obras utilizam imagens para exemplificar um fenômeno físico, na busca por favorecer sua compreensão. Diversas figuras ao longo dos capítulos também apresentam cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da FMC, por vezes também uma breve biografia é apresentada, em boxes ou caixas de diálogo. A utilização das figuras como meio de exemplificar aplicações dos temas de FMC em equipamentos tecnológicos é uma característica que permeia todas as obras.

A grande maioria das obras também apresentam figuras com título, legenda e texto explicativo do assunto em praticamente todas as figuras (coleções: 01, 02, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11), entretanto as coleções 03 e 12, não apresentam títulos na maioria das figuras, apenas uma breve legenda do que está sendo ilustrado. Em relação ao fator de escala das figuras explicativas sobre o fenômeno em destaque das obras analisadas, apenas as coleções 02<sup>8</sup>, 05 e 12<sup>9</sup> não têm legendas ou comentários sobre a escala dos fenômenos apresentados nas figuras, fato que, sem uma abordagem problematizadora do docente, podem causar a compreensão e interpretação errônea de fenômenos físicos no mundo atômico e subatômico.

É importante ressaltar que na coleção 03<sup>10</sup>, quando são ilustrados alguns fenômenos físicos que ocorrem a nível atômico nos efeitos fotoelétrico e Compton, os autores não ressaltam que as figuras estão fora de escala e as cores são representações artísticas. Entretanto, nas outras figuras que mobilizam e representam fenômenos, os autores salientam tais fatores.

<sup>8</sup> Coleção 02: BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H. Física: 3º ano. 3. ed. São Paulo: Saraiva.

<sup>9</sup> Coleção 12: YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. Física para o ensino médio. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 3.

<sup>10</sup> Coleção 03: BONJORNIO, V. *et al.* Física: 3º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

De acordo com os aspectos analisados, na coleção 02, em algumas ilustrações onde são apresentadas representações em escala atômica e subatômica, juntamente com materiais em escala macroscópica, em especial também sobre o Efeito Fotoelétrico e o Efeito Compton, não há informações sobre a figura de estarem fora de escala e portanto são figuras que possibilitam margens para outras interpretações. Considera-se importante salientar que nas legendas das figuras, não há informação alguma sobre o fato das cores dos átomos serem fantasias e também da escala não ser fidedigna a realidade.

Na coleção 05, estão presentes fotos de cientistas, de alguns equipamentos tecnológicos e também figuras que ilustram alguns fenômenos e modelos físicos. Algumas destas referem-se a modelizações a nível atômico, a saber, modelo atômico de Rutherford e reações nucleares de fusão, fissão e colisões de partículas. Entretanto em nenhuma delas há citação ou referência de que estas não são representações fiéis das interações que ocorrem na natureza, mas sim modelos e ilustrações de tais fenômenos físicos.

Considera-se importante ressaltar que os autores da coleção supracitada, também cometem um equívoco histórico ao ilustrar o modelo atômico proposto por Rutherford em 1913 após as conclusões experimentais do famoso experimento do espalhamento de partículas alpha em uma lâmina de ouro, conhecido como espalhamento Rutherford, em especial no que diz respeito a constituição do núcleo atômico por prótons e nêutrons, pois estas partículas foram previstas pelo físico alguns anos após ele apresentar seu modelo, respectivamente em 1919 e 1920 e detectadas experimentalmente alguns anos após.

Os autores da coleção 12, também cometeram o equívoco de não comentar para o estudante que os elétrons representados nas figuras onde são ilustrados os efeitos fotoelétrico e Compton estão fora de escala e não tem dimensão de uma chapa metálica vista a olho nu. apresentam modelos físicos. As três coleções supracitadas também não ressaltam o fato de que o núcleo atômico em relação ao átomo está fora de escala, pois este é cerca de vinte mil vezes menor que a dimensão do átomo.

#### **5.1.4. Focos Temáticos dos Livros Didáticos em relação à FMC**

Outro aspecto importante para análise diz respeito ao foco temático de FMC presentes nos livros didáticos, os quais foram considerados: (a) focos temáticos dos livros didáticos em relação à FMC (b) à sequência dos conteúdos, (c) ao aspecto reflexivo do conteúdo, (d) exemplos de aplicação do conteúdo disciplinar e (e) indicações de outras plataformas de aprendizagem.

A partir de uma leitura mais minuciosa dos livros didáticos, pode-se sinalizar os temas mais abordados nos livros, os quais em sua totalidade podem ser observados no apêndice D. Considerou-se essencial para a apresentação, os focos mais recorrentes em que se apresentavam em mais de 70% das coleções, estes estão sintetizados na Tabela 03.

Tabela 03 - Temas de FMC mais abordados nas coleções

Temas mais Abordados	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Origens da FMC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Postulados da Teoria da Relatividade Restrita	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dilatação do tempo.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Contração das distâncias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Equivalência entre massa e energia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Radiação de Corpo Negro	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Quantum de ação e energia quantizada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Espectros de emissão e absorção		X		X		X	X	X	X	X	X	X
Modelo atômico de Bohr	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X
Efeito Fotoelétrico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A análise do foco temático de “FMC presentes nas coleções” constata-se que os terceiros volumes abordam: origens da FMC, postulados da Teoria da Relatividade Restrita, dilatação do tempo, contração das distâncias, quantum de ação e energia quantizada e o efeito fotoelétrico. Apenas uma coleção 05 não aborda a equivalência entre massa e energia e dez coleções abordam os tópicos de: radiação de corpo negro, modelo atômico de Bohr e espectros de emissão e absorção.

A multiplicidade e intensidade da abrangência dos temas de FMC variam de uma coleção para outra, mas a história da ciência se faz presente em todas. A abordagem matemática também está presente em praticamente todas as coleções, em especial, na apresentação de equações que sintetizam ou descrevem: a energia quantizada e o quantum de ação; dilatação do tempo, contração das distâncias e o efeito fotoelétrico.

Considera-se importante destacar que além da abordagem teórica dos temas, as obras têm uma preocupação em apresentar as consequências de tais tópicos no nosso próprio entendimento do Universo e principalmente nas aplicações tecnológicas acarretadas pelo desenvolvimento de tais conhecimentos.

Infere-se que uma das possíveis consequências da maior abrangência dos temas presentes na tabela 03, pode decorrer da demanda de conhecimento específico sobre estes para que o estudante possa ingressar no Ensino Superior, isto é, estes podem ser os temas de FMC mais presentes nos vestibulares e exames do ENEM dos últimos anos. Esta é apenas uma hipótese levantada em função de os livros que contemplam questões extraídas de vestibulares, apresentarem justamente algumas referentes a estes temas.

### **5.1.5. Abordagem dos Conteúdos mais Recorrentes**

A partir da definição dos temas de FMC mais recorrentes nas doze coleções, nesta seção serão evidenciados aspectos gerais das abordagens destes nas coleções aprovadas no PNLD 2018<sup>11</sup>.

O Manual do Professor é um recurso de potencial colaboração e riquíssimo ao trabalho do professor. Além de apresentar meios de orientação do próprio livro didático, suas seções e especificidades, é necessário que sejam expressas as visões e intenções teórico metodológicas dos autores das obras. Além do mais, é essencial que os autores apresentem e discutam com os professores as “variadas opções para o trabalho docente, complementos ao Livro do Estudante e estímulos ao aprendizado contínuo do professor, algo importante em toda atividade profissional” (BRASIL, 2017, p. 31).

Dessa maneira, torna-se fundamental que sejam apresentados aos professores a compreensão dos autores em relação ao ensino de Física, as teorias educacionais que embasam as obras, uma descrição detalhada desta, bem como as potencialidades dos materiais frente aos pressupostos legais que norteiam a educação básica brasileira. Além dos assuntos presentes nos livros e as intenções dos autores com a pertinência dos assuntos nos livros é de extrema importância que haja sugestões de leituras aos professores para que estes possam complementar seus conhecimentos, variadas opções metodológicas para a utilização de capítulos, seções ou atividades presentes nas obras.

No Guia do PNLD 2018 dos livros de Física, é salientado que os autores das obras, cumprem com tais pressupostos, entretanto algumas de maneira mais detalhada e outras de

---

<sup>11</sup> A tabela do Apêndice E apresenta o sumário dos conteúdos das coleções, para uma melhor visualização da organização didática das obras.

maneira sucinta. Então é interesse desta seção apresentar, mesmo que de maneira breve e pontual algumas considerações sobre as abordagens didáticas das obras, em relação a apresentação dos pressupostos que norteiam as obras, bem como as sugestões de leituras, práticas metodológicas e recursos didáticos extras como vídeos, simuladores e softwares.

De maneira geral os autores apresentam o manual do professor em duas grandes seções. A primeira é uma seção introdutória onde são destacados, ora de maneira extremamente complexa e articulada e ora de maneira mais sucinta e breve, os pressupostos teóricos educacionais e também legais que norteiam a construção das obras. Em algumas coleções a proposta didático pedagógica também é apresentada de maneira mais sucinta e são feitas “referências superficiais à legislação ou a textos teóricos do campo do ensino e aprendizagem e da docência” (BRASIL, 2017, p.31), deixando a desejar na articulação destes referenciais com a abordagem da obra. Já outras obras apresentam uma ênfase a tais fatores, apresentando um vasto potencial de aproveitamento para os professores.

Em uma segunda seção as obras apresentam os objetivos, conceitos abordados e as orientações didáticas, mais específicas, de cada unidade, capítulo, seção e/ou até mesmo atividades. Estas compreendem propostas de a) sites educacionais; b) livros e textos de apoio de caráter conceitual, matemático, histórico dos temas presentes nos textos; c) sugestões de possibilidades de utilização do livro; d) sugestões de atividades experimentais, de pesquisa, práticas e projetos interdisciplinares; e) TICs como vídeos, simuladores e softwares.

Em relação aos materiais extras propostos, alguns são em formato físico como livros, outros são propostos em formato de hiperlinks ou citação de em qual revista ou site podem ser encontrados. Em relação aos hiperlinks, afirma-se que hoje há alguns que são válidos, isto é, os que foram possíveis de acessar com sucesso, sendo estes de artigos de revistas brasileiras; sites gerais de universidades, museus de ciência e de divulgação científica. Entretanto, os hiperlinks de simuladores e vídeos foram possíveis de serem abertos links gerais de sites de simulação como *PhetColorado*, *MyPhysicLab*<sup>12</sup> também alguns vídeos do Youtube.

Nas coleções, as origens da FMC são descritas no início das unidades<sup>13</sup>, algumas de maneira mais sucinta e outra de maneira mais abrangente, alguns autores também apresentam aspectos históricos do desenvolvimento da Ciência ao longo dos capítulos. Em algumas são levantados os temas e problemas que pairavam na comunidade científica e que não eram explicados pela Física Clássica, também são citados alguns dos principais físicos que

---

<sup>12</sup> A s/título de exemplo: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/) e <https://www.myphysicslab.com/>

<sup>13</sup> No caso da coleção 05, os aspectos históricos que acarretaram no desenvolvimento da FM, estão presentes no início do capítulo que aborda tópicos de FM.

acarretaram no desenvolvimento da FMC. Como é salientado no Guia do PNL D 2018 de Física:

[...] abordagem da História da Ciência é outro elemento a ser destacado. Nas coleções didáticas atuais, sua presença sofreu significativa ampliação, embora ainda sejam encontradas coleções que dedicam espaço exíguo à abordagem histórica dos conteúdos. Até meados da década de 2000, era comum encontrarmos coleções que reduziam suas referências históricas a biografias muito sucintas de grandes cientistas, quando não apenas uma foto ou ilustração do rosto do cientista acompanhada de rápida menção a seus anos de nascimento e morte. Gradualmente as coleções foram incorporando narrativas sobre o desenvolvimento de determinados conceitos ou teorias, entrelaçadas com biografias e fatos de vida de seus protagonistas. Essa abordagem de caráter interno ao âmbito da própria Ciência é predominante nas coleções atuais. Poucas são as coleções que vão além dessa visão e incluem uma abordagem de fatores sociais, políticos, econômicos e culturais, que influenciaram as atividades dos cientistas, o desenvolvimento de conceitos e teorias, os debates científicos, as colaborações e as disputas entre vários grupos de cientistas. Uma visão inclusiva dos fatores externos da História da Ciência, ou a História Social da Ciência, ainda é pouco privilegiada nas coleções. Nesse sentido, o professor pode buscar coleções que apresentem aspectos internos e externos à Ciência e valorizar ambas as abordagens no estudo dos temas e conteúdos. A valorização da abordagem dos fatores externos favorece a compreensão dos aspectos interdisciplinares presentes na produção da Ciência em todas as épocas, algo cada vez mais apreciado neste século 21. (BRASIL, 2017, p.28)

Nos livros das coleções 01, 02, 03, 04, 06, 08, 10,11 é realizada uma abordagem inicial a partir do *annus mirabilis* de Einstein. De maneira genérica, é reforçada a ideia de que em um dos artigos publicados, “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento” o físico propôs uma teoria que solucionou as contradições existentes entre a Mecânica Clássica e o Eletromagnetismo, salientando a necessidade de reformulação da mecânica newtoniana.

Isto posto, são apresentados os Postulados da Teoria da Relatividade Restrita, sendo que há frases sintetizando os postulados em quadros (nos livros das coleções: 01, 02, 03, 04, 06, 08, 11,12) ou textos (nos livros das coleções:07 e 10) em destaque. Em relação ao primeiro postulado também são lembradas as diferenças mais notórias entre os aspectos físicos dos postulados de Einstein e os de Galileu.

Segundo os autores dos livros das coleções 02 e 03 apresentam experimentos mentais distintos, mas sobre situações de observação de feixes de luz e salientam que a interpretação da mecânica clássica de um observador em um determinado referencial, de que resulta em uma velocidade em um referencial com velocidade superior à da luz estaria incorreta.

Em relação ao segundo postulado, os autores do livro da coleção 01 expressam ao estudante que “essa constância da velocidade da luz aparece como uma tentativa de explicar o resultado do experimento realizado com o interferômetro de Michelson e Morley (repare que o éter deixou de ser mencionado)”(BARRETO, B.; XAVIER, 2016c, p.205). Os autores da

coleção 09 também apresentam este mesmo caráter aos estudantes, como pode ser observado na figura 05.

Figura 05 - Abordagem dos Postulados da Teoria da Relatividade Restrita na coleção 09

### 3. Teoria da relatividade restrita

O século XX começou com gosto de revolução na ciência. Albert Einstein (1879-1955) defendeu a necessidade de uma solução radical ao problema trazido pelo experimento de Michelson e Morley.

Em um artigo de 1905, ele sintetizou de maneira clara e definitiva reflexões isoladas e desconectadas que vinham sendo feitas por outros cientistas da época. Seu trabalho se fundamentou em duas ideias que ele elevou ao *status* de princípios (verdades aceitas por definição). O primeiro deles já havia sido proposto de forma limitada para a Mecânica, na época de Descartes, Galileu e Newton.

As implicações desses dois princípios foram muitos grandes e modificaram profundamente o panorama da ciência a partir de então.

**1º) Princípio da relatividade**  
As leis físicas são as mesmas, independentemente do estado de movimento do observador.

**2º) Princípio da constância da velocidade da luz**  
A velocidade da luz no vácuo é uma constante universal para qualquer observador.

Fonte: PIETROCOLA, M. *et al.* (2016, p.185)

Os autores do livro da coleção 05 apresentam os postulados de Einstein como concepções que romperam com “a tradição newtoniana que conseguia explicar quase todos os fenômenos naturais”(GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C, 2016c, p.187) e juntamente com as contribuições de Planck, acarretaram no início da FMC. Ao contrário das outras coleções, nesta não há destaque para a apresentação dos dois postulados, seja em quadros ou texto em negrito .

No livro da coleção 07 são apresentados alguns antecedentes históricos referentes à medição da velocidade da luz por alguns cientistas. Neste contexto é apresentado o experimento e os resultados experimentais de Michelson e Morley referentes a velocidade de propagação da luz em relação ao referencial do éter. Então os autores salientam que Einstein baseou a Teoria da Relatividade Restrita em dois postulados, sendo que o primeiro está em conformidade com os resultados experimentais de Michelson e Morley. Em seguida são apresentados os dois postulados, com um texto destacado em negrito.

Em todas as coleções são apresentados como consequência dos Postulados da Teoria da Relatividade Restrita<sup>14</sup>, os fenômenos da Dilatação do Tempo e da Contração das Distâncias. Como exemplificação da dilatação do tempo, nos livros das coleções 01, 02, 03, 04, 06, 08, 09, 10 e 12, é apresentado o experimento mental do tempo que um sinal de luz leva para descrever uma trajetória de subida e descida dentro de um trem ou nave que move-se a velocidades próximas da luz e tem um espelho no teto, onde a luz é refletida. Após

<sup>14</sup> A relatividade da simultaneidade também é apresentada como uma consequência dos Postulados da Teoria da Relatividade Restrita nas coleções: 01, 03, 04, 05, 10

a exemplificação e contextualização conceitual da trajetória e do tempo - que o feixe de luz leva para percorrer a trajetória - percebido por dois observadores distintos, um dentro e outro fora do vagão, é apresentada a expressão matemática da dilatação do tempo.

Como salientado no parágrafo anterior, a Contração das Distâncias na direção de movimentos de corpos com velocidades relativísticas também é um fenômeno presente em todas as coleções, sendo que majoritariamente nas citadas *a priori* também são realizados experimentos de pensamento ilustrados em figuras, a fim de subsidiar a compreensão do fenômeno pelo estudante. A exceção dessa abordagem está no livro da coleção 03, onde é apenas definido tal fenômeno, apresentando a relação matemática entre as grandezas, como podemos observar na figura 06 extraída do terceiro volume da coleção.

Figura 06 - Abordagem do fenômeno da contração das distâncias na coleção 03

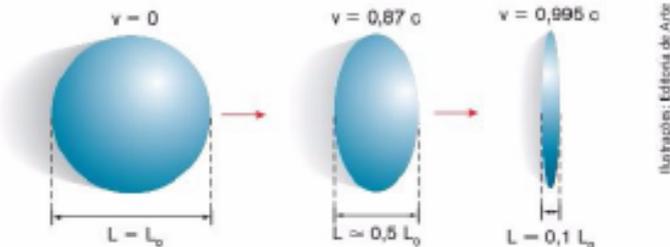
**Contração do comprimento**

A Teoria da Relatividade especial estabelece que o comprimento de uma barra depende da sua velocidade em relação ao observador. Uma barra se contrai no sentido do movimento, tornando-se cada vez menor à medida que a sua velocidade aumenta em relação ao observador.

A barra apresenta comprimento máximo  $L_0$ , denominado **comprimento próprio**, quando em repouso. Se a velocidade da barra é  $v$  em relação ao observador, o comprimento  $L$  da barra na direção do movimento é:

$$L = L_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

Aumentando-se a velocidade relativa  $v$  do corpo, aumenta a contração exclusivamente na direção do movimento.



A contração ocorre no sentido do movimento do corpo.

Fonte: BONJORNO, V. *et al.* (2016, p.216)

Nos livros das coleções 05, 07 e 11 os autores apresentam brevemente os fenômenos Dilatação do Tempo e da Contração das Distâncias como consequência dos postulados, sem explicá-los a partir de experimentos mentais, nem apresentam suas expressões matemáticas.

A equivalência entre massa e energia só não é abordada na coleção 11. Entretanto nas outras a forma de apresentação do tema e sua abordagem difere-se, em algumas coleções a sua abordagem é mais sucinta e em outras mais detalhada, em algumas é apresentado em caixas de diálogo, já em outras como conteúdo do capítulo ou subseção.

Nos livros das coleções 01, 02, 03, 06 e 12 é apresentado o conceito de massa de repouso ( $m_0$ ) como uma massa inercial<sup>15</sup>, além da expressão matemática que relaciona a massa relativística ( $m$ ). Na sequência os autores salientam que no dia a dia, as velocidades dos movimentos que observamos são insignificantes quando comparadas com a velocidade da luz e portanto tais fenômenos não são perceptíveis no cotidiano.

No livro da coleção 01, logo após a explanação acima, os autores explanam que “na Teoria da Relatividade especial, a relação massa-energia é expressa por:  $E_0 = m_0 c^2$ ”(BONJORNIO *et al.*, 2016c, p. 214), sem que haja nenhuma explicação das relações entre massa e energia. O próximo subtítulo apresenta o conceito e a expressão matemática da quantidade de movimento relativístico  $Q = m.v$ , mas sem fazer menção alguma à energia nesta seção. Fato que ocorre de maneira similar no livro da coleção 03, onde há apenas a inversão na sequência de abordagem, já que a relação entre quantidade de movimento e massa é abordada antes da equivalência entre massa e energia, dando a impressão ao estudante de que energia e quantidade de movimento são conceitos sem interligações.

No livro da coleção 02, após a explanação descrita no parágrafo anterior, os autores também afirmam que sendo  $m_0$  a massa de repouso de uma pedra em relação ao solo, “pode-se demonstrar que essa massa equivale a uma energia intrínseca  $E_0$ , dada por  $E_0 = m_0 c^2$ ” (GASPAR, 2016c, p.273). Os autores das coleções 01 e 02 apresentam na sequência que a quantidade de energia da massa de repouso de uma pedra de massa de 1g, se convertida exclusivamente em energia, seria possível obter uma energia da ordem de  $10^{13}$  J.

Já os autores dos livros da coleção 06, após uma apresentação similar a expressa no parágrafo anterior, afirmam que “Einstein estabeleceu que uma partícula em repouso possui uma energia de repouso  $E_0$  dada por:  $E_0 = m_0 c^2$ ” (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016c, p.199), sendo uma equação que relaciona as transformações entre matéria e energia, constituindo-se como a chave da compreensão da energia nuclear, como podemos observar na figura 07.

Figura 07 - Abordagem da relação entre massa e energia na coleção 06

---

<sup>15</sup> Alguns autores também salientam que a massa inercial é uma espécie de resistência a mudança do estado de movimento de um corpo (coleção 01,

## Energia relativística

Vejamos, agora, o que diz a teoria da relatividade em relação à **energia**. Einstein estabeleceu que uma partícula em repouso possui uma energia de repouso  $E_0$  dada por:

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

Do mesmo modo, uma partícula de massa  $m$  em movimento possui uma energia de movimento (energia total)  $E$  dada por:

$$E = m \cdot c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \cdot c^2$$

Essa expressão representa a famosa equação de Einstein que relaciona as transformações entre matéria e energia. É usada para o cálculo de transformação de massa em energia, ou vice-versa, e constitui a chave para a compreensão da energia nuclear, que explica a origem do combustível nuclear das estrelas.

A diferença entre a energia total e a de repouso é a energia cinética do corpo. Assim:

$$E_c = E - E_0 = (m - m_0) \cdot c^2$$

Fonte: GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. (2016, p.199)

Já o autor do livro da coleção 04 salienta as relações entre energia, quantidade de movimento e massa, a partir da necessidade da invariância do centro de massa de um sistema sem ação de forças externas. No livro da coleção 05 em dois parágrafos de uma subseção de uma caixa de diálogo, os autores afirmam que um dos principais resultados da Teoria da Relatividade Restrita proposta por Einstein é a relação entre massa e energia expressa pela relação  $E_0 = m_0 \cdot c^2$ . Sendo que esta relação é uma consequência de a velocidade da luz ser a velocidade limite no universo e também do fato de que quanto maior a velocidade de deslocamento de um corpo, maior a sua massa inercial, que dificulta a alteração do seu estado de movimento.

No livro da coleção 07 os autores apresentam duas seções para abordar o conceito de massa. Na primeira os autores salientam que a massa de repouso e outras propriedades como carga elétrica, são as que caracterizam as partículas. São apresentadas relações matemáticas para que, segundo os autores, os estudantes possam compreender melhor o conceito de massa e energia, bem como a invariância da massa em qualquer referencial inercial. Assim, infere-se que os autores podem considerar as relações matemáticas, como o melhor meio de o estudante observar a relação entre massa e energia, como é mostrado na figura 08.

Figura 08 - Abordagem da relação entre massa e energia na coleção 07

### Massa de um feixe de luz

Pode parecer estranho que o fator de Lorentz,  $\gamma$ , que aparece nessas equações, tenda ao infinito para  $v = c$ . Analisemos, por exemplo, o caso da energia de uma partícula de massa  $m$  e velocidade  $v$ . A energia é dada por:

$$E = \gamma mc^2 = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

No caso de um feixe de luz, no entanto,  $E$  é finito, mas  $\gamma$  é infinito. A única possibilidade é a massa de repouso  $m$  ser nula. Nesse caso, temos zero dividido por zero, que é indeterminado; pode ser qualquer valor. Assim, a teoria impõe a condição de que a massa de repouso de um feixe de luz, ou de um fóton, seja identicamente nula. Deve-se frisar que essa massa de repouso não pode ser apenas muito pequena: ela deve ser exatamente zero.

O termo "massa de repouso nula" pode causar um certo mal-estar, mas lembre-se de que a mesma teoria impede que o raio de luz fique em repouso para que essa medida de massa seja realizada. Finalizando nossa análise da equação da energia de uma partícula,  $E = \gamma m c^2$ , vemos que ela depende de duas grandezas,  $m$  e  $v$ . Para as partículas materiais, os valores de  $m$  e  $v$  determinam a sua energia. Para a luz,  $v = c$  e  $m = 0$ , mas a equação fica indeterminada, permitindo ao feixe de luz possuir qualquer energia.

Apesar de a energia ou a quantidade de movimento da luz serem indeterminadas, existe uma relação entre elas. No tópico "Nota sobre o conceito de massa", vimos uma relação que podemos aplicar ao caso da luz:  $E^2 - c^2 q^2 = m^2 c^4 = 0$ , logo  $E = cq$ .

Resumindo, para um feixe de luz, temos:

$$v = c \Leftrightarrow m = 0 \text{ e } |\vec{q}| = \frac{E}{c} \text{ (para a luz)}$$

Fonte: LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES (2016, p.251)

Na coleção 08 há um quadro intitulado "Equivalência entre massa e energia: a fissão e a fusão nuclear", no qual os autores salientam que a equivalência entre as grandezas massa e energia é expressa por uma relação matemática ( $E = mc^2$ ) conhecida na Teoria da Relatividade. Na sequência os autores abordam as reações de fusão e fissão nuclear salientando a transformação de massa em energia e vice-versa, nas reações nucleares. Já no livro da coleção 09, a única menção à relação entre energia e massa, ocorre quando são discutidas as reações nucleares.

De maneira mais específica, quando é apresentada a diferença de massa no processo de fusão nuclear de  $4\text{H} \Rightarrow \text{He} + \text{energia}$ , os autores afirmam que a redução da massa após o processo deve-se ao fato de que a massa pode ser convertida em energia, como mostra a figura abaixo.

Figura 09 - Abordagem da relação entre massa e energia na coleção 09

Essa redução de massa pode ser convertida em energia, e podemos quantificar uma equivalência entre uma e outra pela expressão:

$$E = m \cdot c^2$$

Assim, calculamos a quantidade de energia produzida para a diferença de massa considerada na reação:

$$E = m \cdot c^2 = 4,5982 \cdot 10^{-29} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 4,14 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

Você pode estar achando esse valor extremamente pequeno, e de fato é, mas considere que é a energia produzida na fusão de apenas quatro átomos de hidrogênio. No entanto, essa reação, conhecida como **ciclo pp** (próton-próton), ocorre milhares de vezes por segundo no interior do Sol. [Ver orientação 9 no Manual do Professor.](#)

Fonte: PIETROCOLA, M. *et al.* (2016, p.226)

No livro da coleção 10 os autores afirmam que a equivalência entre massa e energia foi mostrada por Einstein, e de acordo com ele a massa pode ser convertida em energia e vice-versa, pois a massa pode ser considerada uma “forma especial” (VÁLIO, 2016, p.200). Em seguida os autores apresentam a relação matemática  $E_0 = mc^2$  e afirmam que se uma partícula está em movimento, sua energia total é a soma da sua energia de repouso e da energia cinética relativística, de maneira que  $E = \gamma mc^2$ , sendo  $\gamma$  o fator de Lorentz.

Por fim são salientadas que a quantidade de energia envolvida nas reações nucleares é normalmente milhares de vezes maior que nas reações químicas, favorecendo a constatação da relação entre massa e energia. Sobre a Teoria da Relatividade, Dilatação do Tempo, Contração das Distâncias e Equivalência entre massa e energia no Manual do Professor da coleção 01 são tecidos comentários gerais sobre a seção, e as subseções que abordam o tema no terceiro volume, bem como propostas e subsídios gerais de utilização do livro e condução das atividades sugeridas neste.

Em relação às atividades propostas: de pesquisa complementar, de resolução de questões ou exercícios com base em pressupostos conceituais e matemáticos, é apresentado ao professor apenas uma resolução das questões, como se houvesse apenas uma solução possível de pensar, responder, resolver ou até mesmo realizar uma determinada atividade. No que tange às questões que abordam relações interdisciplinares e também entre CTSA, são discutidas breves considerações e possibilidades de discussões nos livros.

Nos livros das coleções 05 e 07, além de pressupostos gerais comuns às obras e salientados *a priori* como aspectos gerais dos capítulos e as resoluções das questões propostas aos estudantes, não são propostos materiais ou textos extras além dos presentes no livro do estudante sobre o assunto. De maneira mais específica, no livro da coleção 01, é discutida as relações entre a Teoria da Relatividade e a obra de Salvador Dali, a possibilidade de exibição do filme Interestelar e a realização de discussões relevantes sobre o enredo do filme e o tema.

Já no livro da coleção 02 há um texto curto sobre a experiência realizada por J.C. Hafele e R.E Keating sobre a relatividade do tempo medida com relógios atômicos; um texto da revista Ciência Hoje sobre a relação entre massa e energias relativísticas com o título “ $E=mc^2$  estava certo (de novo)”, salientando o *anno mirabilis* de Albert Einstein e pressupostos gerais da relação. Na coleção 03, além de subsídios gerais citados genericamente no parágrafo anterior, são propostos em formato de link cinco vídeos “O trem de Einstein”, “Einstein e o Universos Relativístico”, “A saga do prêmio Nobel: da relatividade ao Big Bang - Parte 1 de 3”, “A saga do prêmio Nobel: da relatividade ao Big Bang - Parte 2 de 3”, “A saga do prêmio Nobel: da relatividade ao Big Bang - Parte 3 de 3”; cujos hiperlinks são inválidos.<sup>16</sup>

Nos livros das coleções 04 e 09 são apresentados, além de comentários históricos e conceituais, sugestões breves e genéricas sobre a utilização do livro, há na coleção 04 um texto complementar sobre a biografia de Albert Einstein, um detalhamento teórico e de condução da atividade e ressaltos de considerações sobre observações da uma atividade prática sobre as curvas geodésicas; já nos livros da coleção 09 é proposta uma leitura complementar sobre a Transformação de Lorentz em complemento aos conhecimentos do professor.

Nos livros das coleções 06, 08 e 10 também são propostos referenciais para auxiliar o professor na abordagem do tema, a saber, no livro da coleção 06 três artigos de revistas de ensino de Física brasileiras e três livros de divulgação científica; no livros da coleção 08 dois longos trechos de livros com contextualização conceitual, gráfica, matemática e alguns aspectos históricos sobre os temas; no livro da coleção 10 sugestões de dois artigos de revistas de ensino de Física e um documentário sobre Albert Einstein da *History*. Os autores também apresentam um resumo geral dos assuntos bem como possíveis abordagens didáticas e ressaltos dos professores em relação aos assuntos, como apresentamos nos trechos abaixo, respectivamente nos livros das coleções 06 e 08:

Há duas questões importantes a serem enfatizadas aqui, sobre a constância da velocidade da luz: a primeira é chamar a atenção para o fato de que inerente a esse postulado está a ideia de que a luz tem uma velocidade finita e não se propaga instantaneamente, como o senso comum ou a observação cotidiana nos faz admitir; a segunda refere-se à importante decorrência da teoria da relatividade, de que a velocidade da luz é absoluta, o que põe abaixo essa propalada frase ao se referir a Einstein e à sua teoria, de que “tudo é relativo”.

Também é importante ressaltar as consequências, principalmente do 2º postulado, discutida no Livro do Aluno, de que sendo a velocidade da luz sempre a mesma, quer observada por alguém em repouso ou em movimento, então o deslocamento e o intervalo de tempo devem ser relativos. O que isso significa? Esse é o assunto dos dois tópicos seguintes.

<sup>16</sup> A título de exemplificação os links são <http://tub.im/ravzdw>, <http://tub.im/6hmntb>, <http://tub.im/7ohauz>, <http://tub.im/h5dvua>, <http://tub.im/kcpbw2>.

[...]Antes de discutir o paradoxo dos gêmeos, sugerimos que você apresente a questão para os alunos e dê um tempo para que eles discutam entre si e apresentem suas conclusões. (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p.364)

O texto a seguir foi extraído do livro *O universo elegante*, do professor Brian Greene, e discute e que forma o movimento pode influenciar tanto a medida do espaço quanto o transcorrer do tempo. Utilize a analogia proposta no texto para a preparação de sua aula. Acreditamos que ela poderá auxiliar os alunos na compreensão da teoria da relatividade restrita (MARTINI *et al.*, 2016, p.347)

No livro da coleção 11, além de discussões gerais sobre a utilização do capítulo e resolução de questões é proposto ao professor a leitura de um livro para aprofundar seus conhecimentos sobre o tema e a utilização de um simulador para ilustrar a dilatação do tempo, entretanto este não é um hiperlink válido<sup>17</sup>. Já no livro da coleção 12, além dos aspectos comuns aos livros, considera-se importante salientar que os autores sugerem aos professores a exibição do episódio do documentário “A saga do Prêmio Nobel - Da relatividade ao *Big Bang*” sobre Einstein, a fim de os estudantes conhecerem aspectos gerais da sua vida e desenvolvimentos das Teorias da Relatividade, com o pressuposto de que

A atividade consiste em propor aos estudantes que destaquem aspectos relevantes para posterior discussão. Os aspectos relevantes a serem destacados pelos estudantes podem ser relacionados a dois temas: o primeiro são as questões científicas e as soluções abordadas no filme e o segundo, aspectos que mostrem de que forma o contexto da época influenciou Einstein e as suas teorias. Em relação ao primeiro tema, destacamos as abordagens da Teoria da Relatividade de Galileu, o experimento de Michelson/Morley, a Teoria da Relatividade Especial de Einstein, sua ampliação ao tratar do problema da gravitação, a detecção da curvatura na trajetória da luz no eclipse solar, as observações de Hubble, a nucleossíntese de Gamow e as detecções da radiação cósmica de fundo de Penzias e Wilson. (YAMAMOTO; FUKU, 2016, p.391)

A discussão sobre a Radiação de Corpo Negro está presente em praticamente todas as coleções, com exceção o livro da coleção 09, sendo que em algumas é dado um maior destaque as relações históricas, experimentais e conceituais e em outras há um menor detalhamento de tais fatores. Nas outras coleções a Radiação de Corpo Negro é apresentado como um problema que desafiava os físicos, na busca por explicações, para observações de tais fenômenos.

Os autores das coleções supracitadas também apresentam o problema da catástrofe do ultravioleta (a lei de Rayleigh-Jeans, no qual as predições clássicas estavam de acordo com as observações experimentais para baixas frequências, mas discordavam intensamente com as observações experimentais a altas frequências), a lei do deslocamento de Wien e a solução apresentada por Max Planck do Quantum de ação e Energia Quantizada, para o problema da

---

<sup>17</sup> O hiperlink é <http://linkte.me/h36u4>.

radiação térmica de um corpo negro. A modelização de um corpo negro como uma cavidade é apresentada ao longo do texto e também como figura nos livros das coleções 01, 03 e 04.

Assim, pode-se inferir que nas coleções citadas *a priori* há uma contextualização histórica, que ressalta as contribuições de alguns físicos na tentativa de compreender e explicar fenômenos que não poderiam ser esclarecidos com base nos conhecimentos e previsões da Física Clássica. Tornou-se necessária uma revolução na interpretação da energia, sendo esta não mais uma grandeza contínua, mas sim que em quantidades discretas.

O gráfico presente nas coleções (exceto na coleção 09) que apresenta as curvas da intensidade da radiação emitida por um corpo negro em função do comprimento de onda, em algumas temperaturas, são apresentadas pela grande maioria dos livros (exceto os presentes nos livros das coleções 05, 07, 08), possibilitando ao estudante também uma visão gráfica das relações entre as previsões teóricas da Mecânica Clássica e os resultados experimentais. Após a explanação do conceito de quantum de ação e energia quantizada, os autores apresentam a relação matemática  $E = hf$ . Considera-se importante salientar que nos livros das coleções 05, 07 e 08 são dedicados poucos parágrafos em comparação com as outras coleções e portanto há um menor detalhamento histórico e conceitual do tema.

Em grande parte dos livros das coleções 02, 08, 09, 10, 11 e 12, os Espectros de Emissão e Absorção de Energia, suas características e propriedades, são abordados de maneira correlacionada com o Modelo Atômico de Bohr. Considera-se importante ressaltar que na coleção 12 não é realizada nenhuma ilustração dos espectros de emissão e absorção dos corpos, mas ao final do capítulo é proposta uma atividade prática sobre o tema articulado com o modelo atômico de Bohr.

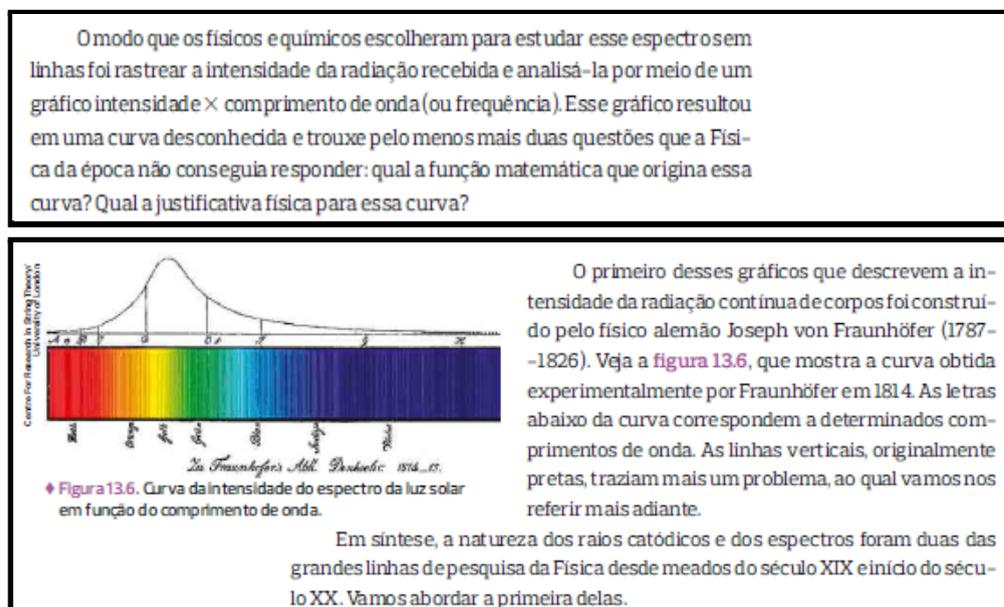
Nos volumes 3 das coleções 02 e 06 e como apresentado anteriormente, no volume 02 da coleção 07, também são ressaltadas que o deslocamento das linhas espectrais deve-se ao fato de o corpo em que são observadas as linhas, estar em movimento. Neste sentido são apresentados os desvios das linhas espectrais *blueshift* e *redshift* bem como suas correlações com o efeito Doppler relativístico e a expansão do Universo (nesta perspectiva também são apresentados alguns pressupostos históricos, experimentais e conceituais da lei de Hubble). No livro da coleção 07, os Espectros de Emissão e Absorção de Energia são apresentados de maneira articulada à radiação térmica de um Corpo Negro.

No livro da coleção 04, Gaspar salienta que juntamente com outras áreas que deram origem a Física Quântica, encontra-se a espectroscopia. Neste sentido, o autor salienta que esta área começou a ser desenvolvida a partir dos estudos da dispersão da luz em um prisma por Newton, sofrendo diversas modificações e evoluções ao longo dos séculos, como a

utilização de redes de difração e o desenvolvimento dos espectroscópios (inclusive o autor apresenta uma espectroscópio com rede de difração). Então, são discutidas algumas características da luz emitida por um elemento ou material e as linhas espectrais de alguns átomos.

Na sequência é salientado que apesar do fato de terem ocorridos grandes desenvolvimentos nesta área entre os séculos XIX e XX, físicos e químicos ainda não eram capazes de explicar algumas constatações experimentais tanto em relação aos espectros dos elementos químicos, quanto o espectro contínuo da radiação emitida por corpos aquecidos. Após algumas considerações sobre o espectro contínuo, o autor afirma como os cientistas escolheram analisar os aspectos por meio da intensidade da radiação emitida pelos corpos em razão do comprimento de onda de tal radiação, bem como a contribuição de Joseph von Fraunhofer nestes estudos. Para finalizar a seção o autor ressalta a importância do estudo dos raios catódicos e da espectroscopia no desenvolvimento da Física Quântica, como é mostrado na figura 10.

Figura 10 - Trechos da abordagem da relação dos espectros de emissão e absorção na coleção 04



Fonte: GASPAR (2016, p. 225-226)

Nos livros de dez coleções (exceto as coleções 03 e 05, no qual os modelo é apenas citado, sem explicação sobre o que ele é) é dedicada uma seção do capítulo para abordar o modelo atômico de Bohr. De maneira geral, o modelo atômico é dada por uma ou algumas

figuras do átomo, das transições eletrônicas entre as órbitas eletrônicas<sup>18</sup>, bem como os postulados de Bohr para o átomo, além da representação matemática dos níveis de energia das órbitas.

Em grande parte dos livros das coleções (01, 02, 04, 08, 09, 10, 11 e 12) é salientado que Bohr utilizou as ideias propostas recentemente (bom, recentes para o ano de 1913) para desenvolver seu modelo atômico, como meio de superar as limitações do modelo de Rutherford em relação ao colapso do átomo e explicação das linhas espectrais. Neste sentido os autores das coleções: 04, 10 e 12 também apresentam uma breve biografia do físico dinamarquês.

Sobre Radiação de Corpo Negro, além das sugestões gerais de utilização do livro e resolução das questões propostas, não são sugeridas mais orientações aos professores nos livros das coleções 01, 03, 05, 07, 09 e 11. Nos livros das coleções 02, 04, 08 e 12 os professores são orientados de maneira sucinta a abordar o tema a partir de uma abordagem histórica que dá enfoque ao desenvolvimento desses conhecimentos e o da Física Quântica. Os autores das coleções 06 também sugerem a possibilidade de uma abordagem do tema a partir da História da Ciência, mas ao contrário das coleções supracitadas, é realizada uma contextualização detalhada sobre o assunto e propostos dois artigos de revistas de ensino de Física, sendo um sobre questões históricas e outro sobre possibilidades didáticas articuladas a História da Ciência.

Os autores da coleção 10 apresentam apenas um parágrafo superficial sobre as considerações de abordagem do tema, sem dar mais sugestões didático-metodológicas e/ou textos extras para leituras, como podemos observar no trecho a seguir:

Defina os objetivos da Física Quântica, seus limites de atualização e suas aplicações tecnológicas. Apresente a fórmula proposta por Planck e comente o valor da constante  $h$  (constante de Planck). Apresente os termos **quantum de energia** (no plural **quanta**) e **fóton** (*quantum* de radiação eletromagnética) (TORRES *et al.* 2016, p.343)

Sobre o Modelo de Bohr e Espectros de Absorção e Emissão, para além das sugestões gerais de utilização do livro e resolução das questões propostas, não são sugeridas mais orientações aos professores nos livros das coleções 01, 05, 07, 08 e 11. Nas coleções 02 e 06 os professores são orientados de maneira sucinta na 02 e mais detalhada, na 06, a abordar as possíveis causas para as transições eletrônicas e ressaltar que a análise dos espectros de absorção de galáxias, levou Hubble a propor que o Universo está em expansão.

---

<sup>18</sup> É importante notar que os autores das coleções 01,04, 06, 07, 08, 10 e 11 expressam na legenda das figuras que a representação do modelo atômico e das transições eletrônicas estão fora de escala e as cores utilizadas nas imagens são fantasia.

No manual do professor da coleção 04 é ressaltado que ao estudar o Modelo atômico de Bohr e os espectros de emissão e absorção de alguns elementos, o estudante pode realizar articulações com a Química, bem como as considerações entre as diferenças dos objetivos e estudos na espectroscopia em diferentes áreas da Ciência.

Muitos químicos eram espectroscopistas, especialistas na obtenção e análise de espectros. Aliás, essa técnica dá um bom critério para distinguir o químico do físico. O químico observa a posição das raias e as correspondentes frequências da radiação emitida por determinada substância para identificar os elementos que estão contidos nessa substância; o físico quer saber por que essa substância emite essas raias com essas frequências. (GASPAR, 2016, p.391)

Sobre o modelo atômico de Bohr, os autores da coleção 06 apresentam aos professores algumas possibilidades de abordagens do tema em sala de aula, bem como a localização e hiperlinks de dois artigos de revistas de ensino de Física, para ampliar os conhecimentos e a abordagem metodológica dos docentes. Estes são orientados a preferencialmente realizar um trabalho articulado com os professores de Química, pois há interseções nos estudos de ambas as áreas em relação ao tema de estudo.

No livro da coleção 10, os autores apresentam de maneira breve a sugestão do professor de realizar uma abordagem dos modelos atômicos de Thomson e Rutherford, bem como propriedades gerais do modelo de Bohr, mas não é salientada a importância de se ressaltar as limitações de tais modelos na explicação de alguns fenômenos físicos, bem como sua integridade (em especial no colapso do átomo do modelo atômico de Rutherford). Já em relação aos Espectros de Emissão e Absorção não são feitas considerações além das gerais sobre utilização do livro e resolução das questões propostas.

No livro da coleção 12 é proposto que o professor utilize o simulador sobre os Modelos atômicos do átomo de Hidrogênio do site *PhetColorado*, para apresentar as limitações dos outros modelos e as características das interações entre as partículas alpha, de acordo com as previsões de alguns modelos atômicos. E, caso a escola tenha computadores suficientes, os estudantes podem manipular o simulador individualmente e responder algumas questões sobre os modelos.

Já no livro da coleção 09, os autores apresentam uma descrição matemática um tanto quanto detalhada da expressão do raio do átomo, energias das órbitas eletrônicas, bem como a sugestão de uma articulação com as limitações do modelo atômico de Rutherford. Em relação aos espectros de emissão e absorção, os autores propõem aos professores a contextualização dos espectros de emissão com os estudos da Química e se possível, apenas sugerem a realização do experimento do teste de chama, sem mais detalhes sobre tais procedimentos e potencialidades experimentais.

Os autores propõem também mais duas atividades práticas de construção de espectroscópios para observação de espectros luminosos. Uma das atividades foi proposta em um artigo em uma revista de ensino de Física e outra é proposta pelos autores do livro, para fins didáticos, utilizando materiais de baixo custo com caixas de papelão e CD, bem como algumas considerações sobre os procedimentos experimentais e as observações a seres constatadas, além de breves explicações sobre as observações e cuidados (como não observar o Sol diretamente com o espectroscópio).

Os autores da coleção 12 também propõem aos estudantes a construção de um eletroscópio utilizando materiais de baixo custo, bem como a observação do espectro de algumas lâmpadas. No manual são apresentadas orientações detalhadas sobre a construção do espectroscópio, além de algumas orientações didáticas sucintas para o professor e a resposta detalhada das questões propostas após as observações experimentais dos espectros de algumas lâmpadas.

Grande parte dos livros das coleções (01, 02, 03, 04, 06, 07, 08 e 12) iniciam a abordagem do tema pela informação de que o efeito de emissão de elétrons por algumas superfícies metálicas iluminadas por um “tipo especial” de radiação eletromagnética, conhecido como efeito fotoelétrico, foi observado no século XIX por Alexander Staletov e Heinrich Hertz, e explicado teoricamente por Einstein em 1905, a partir das ideias de quantização de energia de Planck e dos fótons.

O gráfico da energia cinética dos elétrons ejetados em função da frequência da radiação emitida também é uma ferramenta de estudo dos livros das coleções 02, 03, 06, 08, 09, 10 e 12. As coleções 02, 03, 06, 07, 08, 09, 10, 11 e 12 também dão enfoque para as aplicações tecnológicas de tal efeito, em especial nas células fotoelétricas de dispositivos como sistemas de alarme e segurança, abertura e fechamento de portas automáticas, sensores LDR em sistemas de iluminação pública, entre outros. É importante salientar que os autores das coleções 02, 03 e 12 não informam ao estudante, na legenda das figuras ou no texto, que a representação da emissão de fótons por superfícies metálicas estão fora de escala e as cores utilizadas nas imagens são fantasia. Fato que pode gerar uma ideia errônea do fenômeno e também da estrutura da matéria aos estudantes.

Como Gaspar foi o único entre os autores a apresentar uma analogia do cotidiano para explicar o fenômeno, considerou-se importante apresentá-la na íntegra:

Uma analogia simples pode ajudar a entender melhor o efeito fotoelétrico: seu pai (o fóton) dá a você (o elétron) R\$ 50,00 para ir ao cinema, que custa R\$ 15,00 (função trabalho). Se você mora longe e só pode ir de táxi, e a corrida de táxi nesse percurso

custa R\$ 40,00 (você é um elétron distante da superfície do material), não dá para ir ao cinema porque o dinheiro que sobra não é suficiente para pagar a entrada (você, elétron, não é emitido); se você tem de ir de táxi, mas mora mais perto (é um elétron mais próximo da superfície do material) e gasta R\$ 30,00, você consegue ir ao cinema mas sobra pouco dinheiro, mal dá para comprar um saquinho de pipoca (você, elétron, é emitido, mas só com R\$ 5,00 de “energia cinética”). Mas se você mora perto (é um elétron da superfície do material) e vai a pé, você só gasta os R\$ 15,00 da entrada e sobra todo o resto para gastar (você, elétron, é emitido com R\$ 35,00, sua “energia cinética máxima”). (GASPAR, 2016c, p.195)

A abordagem mais sucinta do tema é observada nos livros da coleção 05 (figura 11), onde o autor aborda o tema em dois parágrafos, apresentados abaixo. Nota-se que não é possível extrair do texto a importância e relevância para o mundo contemporâneo em que os estudantes vivem, a partir dos conhecimentos e tecnologias desenvolvidas com base neste tópico.

Figura 11 - Abordagem do efeito fotoelétrico na coleção 05

Mais tarde, essa hipótese de Planck foi considerada revolucionária e, em 1905, Einstein explicou o **efeito fotoelétrico** admitindo também a quantização da radiação eletromagnética utilizando essa hipótese. O efeito fotoelétrico está vinculado à retirada de elétrons de certo material, geralmente um metal, pela incidência de luz sobre ele. Para tanto, a luz incidente precisa ser muito intensa e, de acordo com o material, ter energia suficiente para ser capaz de fazer os elétrons saltarem para fora das órbitas de seus respectivos átomos.

As interações observadas por Einstein, entre luz e matéria, no efeito fotoelétrico, bem como os dados experimentais relativos à quantidade e à velocidade dos elétrons arrancados do material, levaram Einstein a propor que a luz poderia também se comportar como “partícula”, chocando-se com os elétrons como se fosse uma bola de bilhar.

Tais estudos acabaram originando o que ficou conhecido como mecânica quântica.

Fonte: GONÇALVES FILHO, TOSCANO (2016, p. 189-190)

Sobre o Efeito fotoelétrico, na coleção 01, além das sugestões gerais de utilização do livro e resolução das questões propostas, é apresentada uma sugestão de condução de uma atividade experimental, apresentada na figura abaixo, utilizando eletroscópio de folhas e emitindo radiação sobre este. A ideia pode ser interessante para os autores, mas não conseguimos identificar possibilidades de desenvolvimento de competência, habilidades ou entendimento do assunto por parte dos estudantes a partir de tal atividade.

Figura 12 - Atividade complementar proposta sobre efeito fotoelétrico na coleção 01

**Atividade complementar**

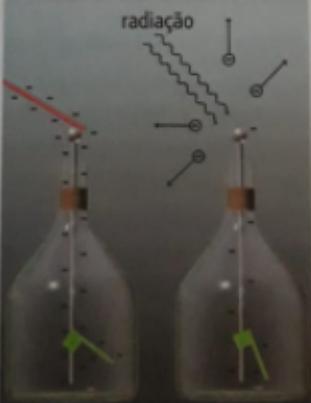
O efeito fotoelétrico é consequência da interação entre a radiação e a matéria, explicado pela absorção de fótons e liberação de elétrons. Os alunos devem perceber que a liberação de elétrons de um corpo faz com que este fique eletrizado positivamente, sendo possível detectá-lo por meio de um eletroscópio.

Construa com os alunos um eletroscópio tal como indicado nas orientações da abertura da Unidade 2, ou um modelo análogo que utiliza: uma garrafa de vidro, uma rolha e uma haste metálica com uma pequena lâmina metálica articulada.

**Passo a passo**

- Esfregue um bastão de plástico em um pedaço de pano de lã e encoste-o na extremidade superior do eletroscópio.

1. O que você observa?
2. O bastão está eletrizado? Com que tipo de carga? Positiva ou negativa?
3. Se incidirmos uma radiação eletromagnética de frequência apropriada sobre a haste do eletroscópio, o que pode acontecer com o ângulo formado pela lâmina?



Paulo Nilton

Ao seguir os procedimentos, o aluno deve observar que após a fricção o bastão fica carregado com carga negativa. Essa carga elétrica é transferida por contato ao eletroscópio e detectada por ele, pela inclinação da lâmina em seu interior, fato que evidencia a presença de carga elétrica no eletroscópio.

Na terceira questão, apesar de o teste não ser possível dada a fonte da radiação, o aluno deve indicar que, ao incidirmos uma radiação eletromagnética de frequência apropriada sobre a haste do eletroscópio, ela “arrancará” os elétrons em excesso do material, diminuindo a quantidade de carga elétrica e o ângulo formado pela pequena lâmina. A emissão de elétrons deve ser explicada pelo efeito fotoelétrico.

No manual do professor da coleção 03, os autores propõem que o professor discuta com os estudantes o efeito partir das constatações experimentais de Hallwachs e de Lenard, resgatando também a ideia de *quantum* de Planck; no mais é proposto um jogo e uma simulação sobre o efeito, porém nenhum dos hiperlinks é válido.

Já o autor Gaspar, na coleção 04, também propõe uma atividade prática de verificação de um fenômeno físico, que pode ser observado na figura 12, a partir de um roteiro fechado e com perguntas após as observações experimentais. O custo considerável de execução do experimento é ressaltado no livro do estudante, em função da compra de uma lâmpada ultravioleta. Em relação a atividade, no manual do professor, o autor apresenta o seguinte parágrafo :

A dificuldade maior é encontrar a lâmpada ultravioleta. Em geral, ela só é encontrada em lojas de iluminação de grande porte. Trata-se de uma lâmpada fluorescente de vidro transparente; existem lâmpadas de diferentes tamanhos, algumas muito caras, mas a que indicamos é acessível e eficiente. A limpeza da superfície onde a luz incide é crítica, por isso deve ser bem-feita e refeita sempre que a experiência é apresentada. Do ponto de vista didático, essa demonstração é mais convincente que a experiência clássica descrita no texto — a simultaneidade do abaixamento da fitinha do eletroscópio com a iluminação provocada pela lâmpada, e só por essa lâmpada, é eloquente e a relação causa-efeito indiscutível. (GASPAR, 2016, p.381)

Paralelamente, no livro dessa coleção observa-se as seguintes indicações ao tratamento do efeito fotoelétrico na figura 12.

Figura 13 - Atividade prática sobre o efeito fotoelétrico proposta na coleção 04

### 3. EFEITO FOTOELÉTRICO

Você vai precisar de um eletroscópio semelhante ao usado na Atividade Prática *Fenômenos elementares da Eletrostática*, do Capítulo 1, e montar outro igual, mas com um retalho de placa metálica fina de alumínio ou cobre, muito bem limpa ou polida, em vez do retângulo de cartolina. Veja a figura ao lado.

Providencie uma lâmpada ultravioleta (UV), que pode ser encontrada em lojas especializadas em iluminação. São lâmpadas fluorescentes, de paredes transparentes e custo relativamente alto — sugerimos uma lâmpada de 15 W e 40 cm, que tem custo acessível e dá bons resultados. É preciso montá-la como uma lâmpada fluorescente comum, com reator e suportes adequados, e para isso você vai precisar do auxílio de um electricista. A radiação por ela emitida traz riscos aos olhos e à pele, por isso ela deve ser protegida e colocada de modo que, quando acesa, sua luz incida apenas nos eletroscópios.

Coloque os dois eletroscópios lado a lado e os eletrize por atrito, com canudo e papel, como na Atividade Prática do Capítulo 1, de modo que as fitinhas fiquem elevadas (como na figura acima, ou mais). Em seguida ilumine-os com a lâmpada ultravioleta: você vai notar que a fitinha do eletroscópio de placa metálica baixa rapidamente, mas a do outro, com placa de cartolina, não.

Com base no que você estudou no Capítulo 1, sobre os fenômenos elementares da Eletrostática, e neste capítulo, sobre o efeito fotoelétrico, procure explicar:

- Por que as fitinhas não baixam com a iluminação comum? Veja as respostas desta atividade no Manual do Professor.
- Por que a lâmpada ultravioleta faz baixar uma das fitinhas?
- Por que só a fitinha presa à placa metálica baixa?
- Seguindo o procedimento sugerido, o eletroscópio adquire carga negativa. Isso é importante? Justifique.



♦ Representação, sem escala e em cores fantasia, de um eletroscópio com placa fina metálica.

Um experimento semelhante ao presente na coleção 04 é proposto na coleção 09. No manual do professor são tecidas explicações sobre os fenômenos observados (figura 13) e por consequência as respostas das perguntas realizadas aos estudantes. Pietrocola *et al.* (2016) também destacam que o professor pode introduzir o tema a partir do objeto de aprendizagem “pato quântico” com base no artigo publicado na Revista Brasileira de Física intitulado “Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de Física Moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico”, bem como o hiperlink de acesso que é viável ainda hoje.

É proposto também a realização de uma atividade experimental utilizando uma célula fotoelétrica, bem como hiperlink de um artigo da mesma revista citada anteriormente, com detalhes sobre a construção do arranjo experimental e uma possibilidade de abordagem deste em sala de aula. São indicados dois sites com animações sobre o efeito, mas os links não são válidos.

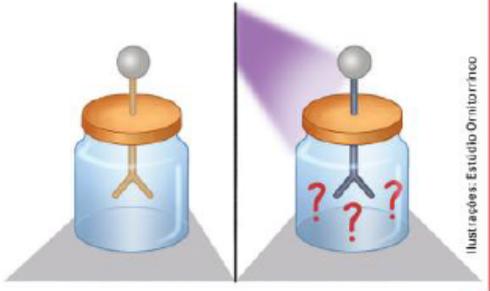
Figura 14 - Atividade prática sobre o efeito fotoelétrico proposta na coleção 09

**Explorando o assunto**

*Ver orientações no Manual do Professor*

Que tal observarmos o efeito fotoelétrico? Para isso, precisamos de um eletroscópio de folhas e de uma fonte de luz ultravioleta. Carregue o eletroscópio com um canudo eletrizado, de modo que suas folhas estejam abertas. Coloque a fonte de luz ultravioleta sobre o eletroscópio (Figura 8.44). O que ocorre? Por que luz ultravioleta? Explique.

**Figura 8.44:** Eletroscópio de folhas carregado e exposto a uma fonte de luz ultravioleta.



Ilustrações: Estúdio Ombrirreco

Fonte: PIETROCOLA *et al.* (2016, p. 204)

Nos livros das coleções 05, 07, 11 e 12, além de pressupostos gerais comuns às obras e salientados *a priori* como aspectos gerais dos capítulos e as resoluções das questões propostas aos estudantes, não são recomendados materiais ou textos extras além dos presentes no livro do estudante sobre o assunto. No livro da coleção 06, os autores também sugerem que os professores utilizem o artigo “Uma aula sobre o efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades”, de Marisa Almeida Cavalcante e outros, para abordar o assunto, pois

“o artigo pretende mostrar como podemos, utilizando recursos experimentais e computacionais, criar uma aula dinâmica e ao mesmo tempo interdisciplinar, envolvendo professores de Filosofia, Matemática e Física, através de um tema fascinante, como o comportamento dual da luz, suas aplicações tecnológicas e

implicações filosóficas”. (CAVALCANTE *et al.*, 2016 *apud* LUZ, ÁLVARES, GUIMARÃES, 2016b, p. 62).

Os autores também ressaltam que se o professor dispuser de tempo, há a possibilidade de abordar mais aspectos históricos sobre o tema, em especial sobre a descoberta do efeito por Hertz, utilizando trechos do livro “Nascimento da Física”. Na coleção 08 os autores apresentam um texto em hiperlink para o professor sobre o tema, mas este não é atualmente válido. No entanto, também apresentam uma contextualização histórica sobre o desenvolvimento de sua teoria, salientando suas relações com a hipótese de Planck e as detecções das ondas eletromagnéticas por Hertz. Por fim, os autores salientam a importância de utilizar o texto e questões de um quadro que aborda as conexões do efeito com o cotidiano, em especial, sobre a utilização de LDRs nos sistemas de iluminação pública, para que o estudante perceba mais conexões do tema com o seu cotidiano.

No livro da coleção 10, os autores recomendam que os professores ressaltem as limitações da Física Clássica ao explicar características do efeito fotoelétrico, além das primeiras vezes que o fenômeno foi observado. Neste sentido os autores propõem que seja apresentada a explicação proposta por Einstein, bem como o conceito de fóton, a representação gráfica da energia cinética de emissão dos elétrons *versus* a frequência, “ênfatisando os significados de função trabalho, inclinação da reta e frequência de corte” bem como algumas aplicações do efeito presentes no cotidiano do estudante. Os autores também solicitam que os professores lembrem que o físico alemão foi laureado com o Prêmio Nobel da Física pela explicação deste fenômeno e não pela Teoria da Relatividade, porém não são salientadas as características do desenvolvimento da teoria .

#### 5.1.5.1. Aspecto Aplicável do Conteúdo.

Para além das descrições realizadas nesta seção anterior, considera-se importante salientar as propostas de aplicação dos temas de FMC. De maneira geral, as coleções apresentam alguns exercícios ou questões resolvidas e exercícios e questões propostas, sem resolução. Algumas questões também são propostas após a realização de atividades de pesquisa ou experimentais, sendo estas também consideradas como amostra. Neste sentido observou-se qual o caráter dos exercícios, questões ou problemas presentes nos livros das coleções, em relação aos temas de maior abrangência (expressos na tabela 04).

A partir da observação e interpretação do enunciado destas atividades pôde-se construir a tabela 04, onde são apresentadas a natureza das questões em três aspectos: a)

Raciocínio Físico- Matemático (RFM), b) Raciocínio Físico-Conceitual (RFC), c) relações com a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (RCTSA).

Enquadram-se na primeira categoria as questões que necessitam de uma organização matemática de equações ou fórmulas, bem como a interpretação ou desenho gráfico de grandezas Físicas e vetores. Na segunda categoria estão as questões, tanto resolvidas quanto propostas, que necessitam de uma reflexão conceitual sobre os temas de FMC, mas que não fazem menção a correlações mais amplas de CTSA. Neste sentido as questões que compreendem a última categoria, são as que necessitam uma pesquisa e reflexão mais intensa dos estudantes, para além de questões físico-conceituais e matemáticas dos fenômenos, explicitando as discussões para as relações entre CTSA. Tais temas e suas descrições encontram-se na tabela 04.

Tabela 04 - Natureza das questões sobre FMC presentes nos terceiros volumes das coleções

Temas		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Origens da FMC	RFM												
	RFC	12			1	1						3	
Postulados da Teoria da Relatividade Restrita.	RFM	5											
	RFC	9		11		4	4	3	3	6	5	5	2
Dilatação do tempo.	RFM	5	1	3	4	4	5		8	8	6		6
	RFC	2		3		1		1					
Contração das distâncias	RFM	3	1	4	3	2	1		6	7	6		3
	RFC			2				1	3	1	2		
Equivalência entre massa e energia	RFM	10	4		4	1	5	4		3	4	3	3
	RFC	1		1		1					1	3	
Radiação de Corpo Negro	RFM		7				1			6		2	
	RFC	1			2		1			4		4	
Quantum de ação e energia quantizada	RFM	2		1	4						3		
	RFC	2					1				3	4	

Espectros de emissão e absorção	RFM				4					2		2	
	RFC		4			1				20		6	
Modelo atômico de Bohr	RFM		8			1				8	2	4	
	RFC		4			2				6	4	7	
Efeito Fotoelétrico	RFM	4	4	12					3	13	6	2	2
	RFC	1	1	4		4	2		7	11	4	4	1
	RCTSA								1				

A partir dos dados expostos na tabela 04 nota-se que a maior parte das questões são sobre os temas: Dilatação do Tempo, Contração das Distâncias, Efeito Fotoelétrico e Postulados da Relatividade Restrita. Outra constatação é que a grande maioria das questões são de RFM, reforçando o caráter algébrico em detrimento das interpretações Físicas dos fenômenos, bem como as relações com outras esferas da ciência e da sociedade, como é salientado no Guia do PNLD. Além disso:

Embora a incorporação desses elementos tenha modificado de forma bastante positiva os livros didáticos de Física, ainda se observa nas coleções do PNLD 2018 uma concentração maior de exercícios propostos de resolução algébrica. Há, sem dúvida, questões conceituais, questões abertas e situações que podem se configurar como problemas a serem resolvidos (situações inusitadas ou situações novas que visam aplicação de conhecimentos obtidos em situações anteriores). Mas a tônica de grande parte das coleções é a proposição de exercícios que repetem a resolução apresentada no livro, constituindo-se assim em “exercícios de fixação” ou que estimulam exclusivamente a operacionalização algébrica de fórmulas e de sistemas de unidades. Sugere-se ao professor dar mais atenção aos exercícios propostos que permitem uma superação do “algebrismo”, valorizando as questões conceituais, as questões da natureza não algébrica e os exercícios que trazem situações-problema de fato. É certo que a realização de exercícios que favoreçam o uso de fórmulas e as operações algébricas não pode ser desprezada; todavia, não se pode centrar o ensino e aprendizagem da Física no Ensino Médio a esse aspecto. As diferentes visões da Física (científica, humanista, cultural, socioambiental etc.) devem ser tratadas de modo equilibrado. Optar por coleções didáticas que buscam esse equilíbrio é algo recomendável aos professores. (BRASIL, 2017, p.30)

Portanto, as características apresentadas descrevem de forma pontual as intenções de seus autores em divulgar seus materiais e que existe um formato editorial característico que modelam os formatos de apresentação. Entretanto existe paralelamente o formato intencional que está em harmonia com a demanda da mensagem que os autores realmente querem transmitir. Essa mensagem muitas vezes, como pôde ser sinalizado não necessariamente tem a ver com a apropriação dos conceitos de forma crítica e reflexiva, porém percebe-se uma

motivação dos autores em sempre considerar questões relacionadas à vestibulares e ENEM, o que sugere um aspecto indispensável para estar num livro, sendo pontos cruciais para se abordar um tema.

Esse resultado sugere que, tais considerações feitas pelos autores, estão intimamente relacionadas com a imposição de que os melhores livros são aqueles que apresentam um maior número de questões de vestibulares ou ENEM. Entretanto, ao observarmos os paradigmas do PNLD - 2018, exposto no Anexo A, percebemos que tal aspecto não é considerado um critério de avaliação. Nesse sentido, entende-se que tal abordagem é uma forma de *marketing* para atrair profissionais da educação que também compreendem que a função do professor é proporcionar condições às quais permitam seus alunos a acessarem o ensino superior e não necessariamente refletirem sobre os aspectos científicos que norteiam a evolução do pensamento científico e o seu desdobramento na sociedade.

#### 5.1.5.2. Indicações de outras plataformas de aprendizagem

Todas as coleções apresentaram nas referências dos textos presentes nas obras, sugestões de livros sobre os temas que estão presentes nas coleções, revistas e sites de divulgação científica para os estudantes. Na maioria dos livros eles estão presentes nas últimas páginas, previamente ou posteriormente aos gabaritos das questões propostas aos estudantes. Já nos livros das coleções 09 e 11 elas estão presentes também ao final de cada capítulo em caixas de diálogo respectivamente intituladas, “Para ler e assistir” e “Para explorar”, onde também são apresentados uma sinopse (no caso de filmes ou documentários) ou resenha (no caso de livros) para os estudantes.

No manual do professor de algumas, há uma subseção onde são indicadas referências para leitura, pesquisa e recursos didáticos em potencial para serem utilizados em sala de aula como livros, artigos, vídeos, documentários, simuladores, jogos e animações. De maneira geral, nos livros das coleções 01, 02, 04, 05, 07, 08 e 09 são apresentados sites de divulgação científica, sites com uma gama de simuladores e animações, bem como livros e revistas de ensino brasileiras sem uma maior especificação de quais trabalhos ou TICs os professores podem abordar especificamente em suas aulas, articuladas com determinados temas. Já nos livros das coleções 03, 06, 10, 11 e 12 há também nas orientações específicas de cada capítulo ou seção, a indicação de quais recursos os professores podem utilizar para complementar suas aulas e potencializar a aprendizagem dos estudantes.

Cabe ressaltar que nos livros das coleções, há uma tendência de serem apresentados majoritariamente hiperlinks de sites, artigos específicos de revistas de ensino, simulações ou vídeos, porém apenas os hiperlinks de sites de artigos e vídeos do YouTube apresentam acesso viável atualmente. Nos livros das coleções 06, 10, 11 e 12 os autores apresentam referências completas das obras, de maneira que mesmo sem o hiperlink o professor consegue encontrar tal recurso em potencial na internet. Já no livro da coleção 03 e também em alguns momentos no livro da coleção 11, não há uma referência detalhada e o professor fica refém de hiperlinks inválidos.

### **5.1.6. Biografias e Contribuições dos Principais Cientistas**

No que diz respeito aos tópicos da Teoria da Relatividade e Física Quântica, os aspectos da História da Ciência estão presentes nos textos que abrem tais capítulos, bem como no início das seções que abordam os temas mais específicos. Estes possuem o propósito de articular o desenvolvimento da Ciência aos conceitos, relações matemáticas das teorias e resultados experimentais, além de em alguns momentos também aos estudantes.

O autor da coleção 05 foi o único que se preocupou em destacar aspectos da epistemologia da história da ciência, especificamente a de Thomas Kuhn, no livro dos estudantes.<sup>19</sup> Os cientistas de maior destaque nas coleções são Albert Einstein, César Lattes<sup>20</sup> e Niels Bohr. Neste sentido as coleções apresentam majoritariamente as contribuições dos trabalhos de Michelson e Morley, Hendrik Lorentz, Jules Poincaré, Heinrich Hertz, Paul Langevin, Werner Heisenberg, Louis de Broglie, Edwin Hubble e Georges-Henri Lemaitre, de maneira mais sucinta, onde são evidenciadas as técnicas utilizadas no trabalho, pesquisa ou experimento; um contexto geral da época, e dos conhecimentos e problemas vigentes na comunidade científica no período. Entretanto, não há nenhuma menção nos livros sobre a vida e outras contribuições dos cientistas, bem como a epistemologia e rupturas no desenvolvimento da ciência.

Em relação aos tópicos de Física Nuclear e Física de Partículas, é notável que as coleções têm a tendência de abordar os temas de maneira conceitual articuladas as abordagens matemática, relações CTSA (destacadas posteriormente) e por fim, há alguns cientistas que desenvolveram algumas teorias e pesquisas em especial sobre a radioatividade.

---

<sup>19</sup> Já nos manuais dos professores há um destaque aos fatores epistemológicos nas coleções xxx, como complemento à formação do professor, nas seções iniciais do manual do professor e não de maneira específica nas orientações das unidades ou capítulos de FMC.

<sup>20</sup> Nas coleções 01, 03, o físico brasileiro também é citado no primeiro capítulo do primeiro volume do livro de Física, quando são abordados aspectos gerais da Física.

Desta maneira, as biografias e trabalhos de maior destaque e detalhamento nas coleções são de Marie Curie.

A Reunião de Solvay é citada nos livros das coleções 07 e 08. Nos livros das coleções 03 e 09 é dado destaque também ao físico brasileiro José Leite Lopes, entretanto no livro da coleção 03 tal destaque ocorre nas últimas páginas do livro. No livro da coleção 04, são apresentados quadros ao longo dos capítulos para abordar brevemente as biografias, contribuições para a ciência e em alguns casos os prêmios Nobel dos cientistas: J.J. Thomson, Albert Einstein, Marie Curie, Max Planck, Wilhelm Röntgen, Ernest Rutherford, Niels Bohr, Louis de Broglie e Enrico Fermi. Na coleção 06 é dado destaque a Einstein e as contribuições de Marie Curie, Irene Curie, Jean-Frédéric e Edwin Hubble nos quadros “Em construção”. Na coleção 10, há quadros de destaque com a biografia e contribuições de Max Planck, Niels Bohr e Marie Curie. Já nos livros das coleções 11 e 12 há quadros destaque para a biografia e contribuições de Marie Curie e Albert Einstein.

## 5.2 CONTRIBUIÇÕES DO REFERENCIAL TEÓRICO PARA A ELABORAÇÃO DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE

De acordo com o referencial teórico Chevallard (1991) e Astolfi (1997), considerado na elaboração dessa pesquisa e somada aos aspectos iniciais das obras selecionadas pelo PNLD – 2018, pôde-se considerar as seguintes categorias a serem analisadas: perspectiva consensual-temática; perspectiva didático-tecnológica; perspectiva operacional-metodológica; perspectiva de raciocínios físico-conceitual/ físico-matemático e perspectiva socioadaptativa. Tais categorias expressam de forma pontual as características encontradas nos livros, auxiliando numa melhor percepção das vantagens e desvantagens e, conseqüentemente, apresentando um diagnóstico para a melhor escolha do livro a ser adotado.

### **Categoria 1: Perspectiva Consensual – Temática**

Essa categoria foi estabelecida a partir da percepção dos esforços dos autores dos livros didáticos em aprofundar os aspectos teóricos dos temas, na tentativa de corroborar uma ideia ou um conceito. No geral, identifica-se um tema e tenta explorá-lo utilizando-se de outras obras complementares, respeitando suas limitações práticas do conceito.

Consideramos a perspectiva conceitual - temática essencial para compreendermos as intenções dos autores, ao apresentar e articular os temas de FMC nas obras. Observa-se que os autores apresentam visões que, por vezes, se confluem na justificativa para a inclusão de

temas de FMC, bem como as orientações aos professores na utilização dos livros, além de inclusões de textos extras como subsídio na formação dos professores da educação básica, mesmo por que uma considerável parcela dos professores que lecionam Física na educação básica, não são licenciados em Física.

A partir dos textos presentes no livro dos estudantes e nos manuais dos professores é possível extrair algumas unidades de contexto referente a tais visões como a: “indicação de links de software (ILS)”; “indicações de outras leituras complementares (ILC)”, “indicações de vídeos expostos no youtube (IVY)” e “indicações de filmes (IF)”. Diante dessas unidades de registro, optou-se por apresentar em quais temas e em qual forma elas aparecem.

No livro dos estudantes são encontradas principalmente indicações de leituras de livros (especialmente nas coleções 06, 09, 10, 11 e 12 ), além dos textos presentes nas obras didáticas. Em especial estão presentes nas coleções 06, 10, 11 e 12 a indicação do livro “Alice no País do Quantum” de Robert Gilmore e nas coleções 06, 09, 10 e 11 há indicação do livro “O incrível mundo da Física Moderna” de George Garrow.

No livro da coleção 10 também são propostos ao final do capítulo sobre o tema, alguns links de simuladores Phet Colorado para que aluno possa visualizar alguns fenômenos (como efeito fotoelétrico, espalhamento Rutherford e modelos atômicos) e mesmo que os links não abram, há uma indicação explícita do nome do simulador e o *site*, permitindo que o estudante busque tais recursos online. Nos livros das coleções 03 e 12 também é proposto um filme para complementar os temas abordados, respectivamente, “Interestelar” sobre a Teoria da Relatividade e "Copenhague" sobre as relações entre Bohr e Heisenberg durante a Segunda Guerra Mundial.

Como salientado em seções anteriores, no manual do professor de todas as coleções há indicações de livros, artigos, sites e simuladores sobre alguns dos tópicos presentes na tabela 03. Entretanto, a articulação específica de recursos como livros, artigos, vídeos do Youtube, filmes e simuladores com os temas (e também com os capítulos ou seções) se faz presente nas coleções (02, 03, 06, 08, 09, 10, 11 e 12). Porém nas coleções 03 e 11 há uma apresentação majoritariamente salientada em hiperlinks para o professor acessar os materiais e que atualmente não são acessíveis, sem haver detalhamento mais abrangente da referência, o que inviabiliza o aproveitamento didático de tais recursos.

## **Categoria 2: Perspectiva Didático – Tecnológica**

Esta categoria emergiu diante da necessidade de se considerar o vínculo entre o conceito científico e sua utilização na prática, geralmente direcionado à uma tecnologia. No

geral, consiste em observar em que medida os autores relacionam o conceito com tecnologias que estão sendo ou foram desenvolvidas. Geralmente, sugere-se que haja a manipulação de softwares educativos, com o intuito de moldar um engajamento entre o estudante (sujeito ativo), o livro (desdobramentos conceituais) e software (manipulação do estudante) de modo a fazer com que este perceba como a Ciência se vincula às tecnologias aplicadas no dia a dia.

Os autores das obras têm uma intenção visível de trazer os aspectos de aplicação tecnológica dos tópicos de FMC, como desdobramento dos temas, porém alguns de maneira mais pontual e outros de maneiras mais abrangentes. Nos livros dos estudantes nota-se que há um maior destaque, em quadros ou boxes, para aplicações tecnológicas de dois temas: Teoria da Relatividade Restrita e Efeito Fotoelétrico.

Em relação ao primeiro, há um destaque nas coleções para as aplicações da teoria em equipamentos de GPS e também nos estudos em aceleradores de partículas. Já as aplicações do efeito fotoelétrico estão presentes nas coleções articulando-o em maior destaque para as células fotoelétricas (em todas) e sensores LDR em sistemas de iluminação pública (especificamente nas coleções 02, 06, 08, 09 e 12), abertura e fechamento de portas automáticas (especificamente nas coleções 02, 06, 08, 09 e 12), sistemas de alarme (especificamente nas coleções 02, 06 e 12) e em dispositivos de carga acoplada (CCD) nas coleções 09 e 12.

De maneira geral nos livros dos professores, os autores apresentam destaque para que o professor articule as aplicações tecnológicas a fim de que os temas se tornem mais presentes no cotidiano dos estudantes, salientando a essencialidade de tais conhecimentos para o desenvolvimento de tecnologias que permeiam o cotidiano contemporâneo. Para além dos exemplos destacados no parágrafo anterior, há destaque no manual do professor para os *lasers*, (nas coleções 04, 06, 07, 08, 09, 10 e 11), espectroscópios (nas coleções 02, 04, 06, 09, 11 e 12) e nanotecnologia (nas coleções 02, 06, 08, 10 e 12).

### **Categoria 3: Perspectiva Operacional – metodológica**

Essa categoria foi considerada diante da abordagem dos livros didáticos em possibilitar uma sequência nos conceitos de modo a se estruturar uma possível sequência didática em que se considere a história, os pesquisadores, o cenário e a descoberta. Tal categoria costuma estar mais enaltecida em manuais do professor, mas pode ser ligeiramente observada no livro do aluno.

Contata-se que os autores dos livros didáticos entendem, em sua maioria, que a FMC precisa estar presente ao longo de todo o Ensino Médio, mas de uma maneira de divulgação e

apresentação sucinta nos dois primeiros volumes, já no terceiro volume os temas ficam restritos aos últimos capítulos e unidades.

De maneira geral os autores apresentam as linguagens conceituais e matemáticas que estão de acordo com o nível cognitivo do estudante, porém sem deixar o rigor linguístico e o tratamento dos temas apenas a título de divulgação científica no volume 03. Nesta perspectiva, é possível notar que os autores têm a intenção de articular os temas com aspectos históricos (principalmente no que diz respeito aos cientistas “responsáveis” por determinadas descobertas e estudos científicos, visão geral dos problemas físicos presentes na época em que tais teorias ou conhecimentos foram apresentados à comunidade científica) e tecnologias contemporâneas que foram desenvolvidas com base em conhecimentos próprios da FMC.

Neste sentido, é notável uma significativa articulação dos conhecimentos da FMC, cada um com profundidade e abrangências distintas, da seguinte maneira: nas coleções 01, 03, 04, 06, 07, 08, 10 e 12 a sequência didática apresenta a Teoria da Relatividade (assim como a dilatação do tempo, contração das distâncias...) em um primeiro capítulo. Já no próximo capítulo é dada ênfase a Física Quântica (com um enfoque histórico do desenvolvimento, além da abordagem de temas como radiação de corpo negro, efeito fotoelétrico, modelo atômico de Bohr e os espectros de absorção e emissão. Nas coleções 01, 03, 04, 06, 10 e 12 há também um capítulo que dá destaque a Física Nuclear (destacando temas como radioatividade e reações nucleares). Nas coleções 04, 06 e 10 é dado destaque também a Física de Partículas (modelo-padrão, partículas e interações fundamentais). Temas de Cosmologia também se fazem presentes com a mesma importância que os temas supracitados nas coleções 06 e 10.

Na coleção 02, os autores apresentam inicialmente algumas noções de Física Quântica em um capítulo e posteriormente abordam o que eles intitulam “mais de Física Moderna: Relatividade e outras noções”, sendo essas outras noções de tópicos gerais de Física de partículas. A coleção 05 é a que apresenta um menor número de páginas e conseqüentemente uma abordagem menor de temas de FMC, tanto em abrangência quanto em profundidade, suscitando relações gerais entre a Teoria da Relatividade, Física Quântica e Radioatividade, bem como as aplicações tecnológicas de tais temas, salientadas *a priori*.

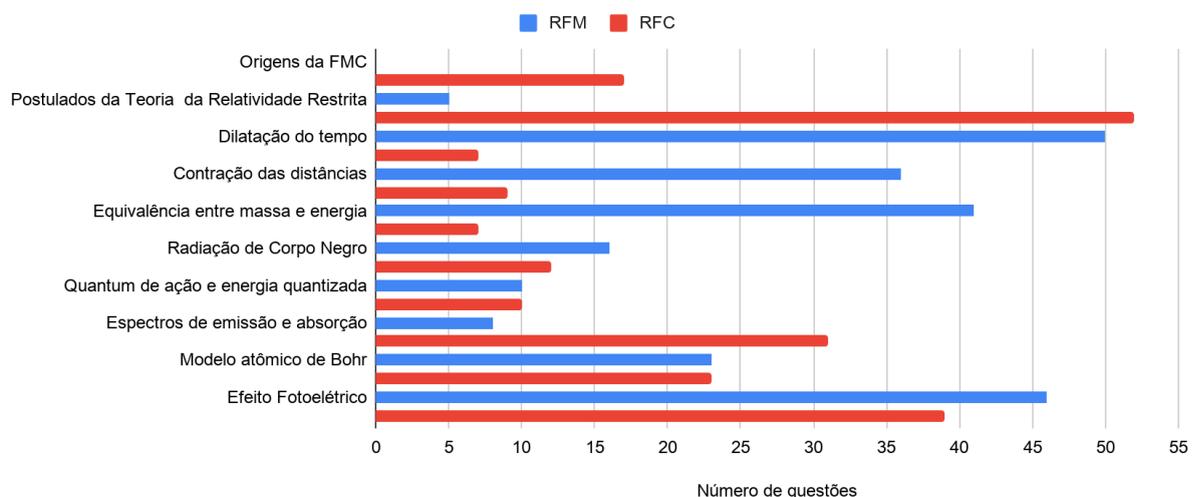
Na coleção 09 é abordada inicialmente a natureza da luz e sua interação com a matéria, na sequência é dado destaque a espectroscopia. Então são abordados os tópicos relacionados à Teoria da Relatividade e estrutura da matéria, primeiro a nível atômico, depois a nível nuclear e por fim ao mundo das partículas e interações fundamentais na natureza. Já os autores da coleção 11 abordam os temas de FMC em dois grandes agrupamentos. No primeiro

é abordado “a Física do muito pequeno”, onde é dado destaque a estrutura da matéria, Física quântica, nuclear e de partículas. Em um segundo capítulo são tratados os temas da “Física do muito grande” principalmente no que diz respeito a Cosmologia (modelos cosmológicos e evolução estelar) e por fim as Teorias da Relatividade.

#### **Categoria 4: Perspectiva de Raciocínios físico – conceitual/ físico – matemático**

Essa categoria está relacionada com o tipo de questões que são abordadas ao longo dos capítulos relacionados ao tema FMC. Nesse caso, observou-se que os livros das doze coleções apresentavam características de abordagens diferenciadas entre si, as quais as atividades propostas se equilibrava entre um raciocínio físico-conceitual (RFC) requerendo abstrações da teoria ou um raciocínio físico-matemático (RFM) que se desdobrava na aplicação de equações dos temas propostos. Para a análise, optou-se, portanto, ressaltar algumas circunstâncias dos dados presentes na tabela 04 em um gráfico comparativo da quantidade de questões sobre cada um dos temas mais pertinentes nas obras, expressos na figura 14.

Figura 15 - Temas, número de questões propostas nas obras e o raciocínio preconizado



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Os dados expostos acima são de atividades resolvidas (questões ou exercícios<sup>21</sup>, que apresentam resolução detalhada pelos autores) e atividades propostas (sem a resolução por parte dos autores, sendo algumas de autoria destes e outras de vestibulares e do ENEM de anos anteriores à publicação das obras).

No que diz respeito às questões comentadas, nota-se que os autores têm a intenção de complementação do texto teórico e há uma primeira abordagem quantitativa da teoria e do

<sup>21</sup> Cabe ressaltar que a nomenclatura das atividades varia de uma coleção para outra. Em algumas a nomenclatura é "exercício" e em outras "questão".

ponto de partida para resolução de atividades análogas. Já as questões propostas têm a intenção de propor um *feedback* e em alguns casos situações problemas para serem resolvidas pelos estudantes e contextualizadas pelos professores.

Percebe-se que de um modo geral os livros didáticos apresentam uma forte tendência a considerarem questões do ENEM e de vestibulares, inclusive em seções ao final dos capítulos e em outras juntamente com questões propostas ao longo dos capítulos, o que sugere que a intenção dos autores não necessariamente está em tornar o estudante crítico, mas fazer com que o mesmo adquira subsídios para mudança do nível médio para o superior, via vestibulares ou provas de admissão. Apenas no livro da coleção 05, não há um destaque às questões de vestibulares em detrimento de outras desenvolvidas pelos autores.

Entretanto é perceptível a maior quantidade de questões de raciocínio físico matemático, pois como evidenciado no Guia do PNL D 2018, que ainda se observa uma concentração maior de exercícios propostos de resolução algébrica (BRASIL, 2017, p.30).

### **Categoria 5: Perspectiva Socioadaptativa**

Essa categoria surgiu a partir da necessidade de se pontuar esforços específicos de alguns autores em sugerir a utilização de materiais de baixo custo, como uma alternativa didática para se aprofundar em conceitos específicos. Ainda dentro dessa categoria considera-se importante o apontamento de outras formas de se representar um fenômeno, como utilizar uma TIC.

É notável por parte dos autores a intenção de propor atividades práticas para os estudantes, porém a natureza das atividades experimentais é em sua maioria de verificação ou observação de um fenômeno físico após a exposição do tema. Alguns esforços dos autores na exploração da natureza e também na reflexão dos dados obtidos, estão presentes nas coleções 04, 11 e 12 quando são propostas a construção de espectroscópios com materiais de baixo custo com a intenção de observar e compreender os espectros luminosos.

No manual do professor são apresentadas orientações detalhadas sobre a construção do espectroscópio, bem como algumas orientações didáticas sucintas para o professor na condução da atividade experimental, e em alguns casos, a resposta detalhada das questões propostas após as observações experimentais dos espectros. Pietrocola *et al.* (2016) também destacam que o professor pode introduzir o tema a partir do objeto de aprendizagem “pato quântico” com base no artigo publicado na Revista Brasileira de Física intitulado “Atividades

de modelagem exploratória aplicada ao ensino de Física Moderna com a utilização do objeto de aprendizagem "pato quântico", bem como o hiperlink de acesso.

É proposto também a realização de uma atividade experimental utilizando uma célula fotoelétrica, bem como hiperlink de um artigo da mesma revista citada anteriormente com detalhes sobre a construção do arranjo experimental e as possibilidades e a abordagem deste em sala de aula. São indicados dois sites com animações sobre o efeito, mas os links não são válidos.

Cabe ressaltar que grande parte dos autores comentam com os professores que a realização de experimentos de FMC exigem equipamentos caros, mas que uma solução para este problema pode ser a parceria com universidades e centros de ensino, bem como a utilização de simuladores e softwares na modelização de conceitos físicos, além de esta última ser uma possibilidade de o estudante ter contato com ferramentas digitais no ensino. Entretanto, grande parte dos simuladores, com exceção dos *PhetColorado* e outros poucos, têm hiperlinks de acesso inválidos.

#### **Categoria 6: Perspectiva CTSA em temas da FMC**

Essa categoria surgiu a partir da percepção encontrada em alguns temas dos livros selecionados pelo PNLD - 2018, que não compreendem uma abordagem em mais de 50% das obras, principalmente ao tratar de tópicos de radioatividade, lixo radioativo e acidentes nucleares.

No entanto, cabe destacar que em relação aos tópicos da Teoria da Relatividade, Física Quântica e as relações CTSA é possível observar a preocupação dos autores das coleções em articular os conhecimentos ao cotidiano dos estudantes, principalmente às aplicações tecnológicas presentes no mundo contemporâneo em relação aos a) efeito fotoelétrico: células fotovoltaicas, LDR, sistemas de alarmes, abertura e fechamento de portas automáticas; b) GPS, c) *laser* e d) bombas atômicas. Nas que abordam temas de espectroscopia e Teoria da Relatividade Geral também em relação à e) compreensão da origem, evolução e constituição do universo a partir dos conhecimentos sobre espectroscopia e as teorias da Relatividade e f) aplicações da nanotecnologia (nas coleções 02, 06, 08 e 10).

No que diz respeito aos tópicos de Física Nuclear e Física de Partículas, há uma tendência das coleções apresentarem os temas de maneira conceitual articuladas às abordagens matemáticas e por fim apresentarem correlações entre as relações CTSA de a) aplicações das radiações na medicina, b) descarte do lixo radioativo e as usinas nucleares, c)

os acidentes de Goiânia com césio 137 e o acidente da usina nuclear de Chernobyl, d) utilização dos conhecimentos desses tópicos para o bem da humanidade, como geração de energia e as possibilidades e consequências do uso bélico, e) aspectos estruturais, investimentos e algumas consequências do entendimento do Universo com as pesquisas realizadas no LHC, f) irradiação de alimentos e g) datação radioativa.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Após trilhar os caminhos detalhados nas seções anteriores, apresentamos aqui as considerações finais da pesquisa. Ressaltando que o objetivo geral da pesquisa foi analisar como os temas de FMC são apresentados nos LD de Física aprovados no PNLD 2018, de modo a perceber os paradigmas temáticos e os subsídios que podem orientar a prática docente. Agora torna-se essencial apresentarmos o caminho trilhado nos últimos meses, bem como respondermos à indagação geral da pesquisa: “De que maneira os temas relacionados à FMC são apresentados nos LD de Física aprovados no PNLD 2018 e quais características que os diferem?”

A crescente discussão sobre a importância da inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, nos fez refletir sobre como os livros didáticos apresentam e discutem estes temas em suas obras. Partindo do entendimento de que as temáticas a serem abordadas no Ensino de Física são essenciais para o desenvolvimento integral do estudante, considera-se indispensável discutir temas mais modernos no ensino de Física, superando as constatações de pesquisadores do ensino de Física nas últimas décadas sobre a precariedade da presença da FMC nas salas de aula das escolas públicas brasileiras.

Para além de tais constatações, é notável os esforços de diversos professores, pesquisadores e órgãos responsáveis pela educação no Brasil, vêm realizando nas últimas décadas, visando a inserção de temas de FMC no EM. Dentre estes esforços, encontra-se o desenvolvimento de políticas para a avaliação, compra e distribuição gratuita de livros didáticos (LD), sendo estes os principais subsídios de pesquisa e orientação das aulas e também o material didático de maior investimento público para os estudantes e professores da Educação Básica.

Com base em tais perspectivas delineou-se a intenção e organização da pesquisa, na qual, nos primeiros capítulos do trabalho é apresentado o referencial teórico essencial para a pesquisa. No primeiro capítulo foram salientados aspectos referentes à importância do ensino de FMC na EB. No capítulo 02 foi dado destaque aos pressupostos legais que orientam a

evolução da obrigatoriedade do Ensino de FMC nas aulas de Física no EM das escolas brasileiras. Neste sentido também é discutida a importância e a função do livro didático na educação brasileira, por meio dos pressupostos apresentados por referências na área, além de algumas considerações presentes no PNLD e sua relação com a BNCC para o desdobramento dos temas da Física, em particular temas relacionados à FMC.

Por conseguinte, os aspectos metodológicos da pesquisa expressos no capítulo 03, envolveram informações que discorreram desde a obtenção das informações temáticas a serem analisadas até à utilização das ferramentas de análise para uma melhor exploração do material selecionado. No capítulo 04 encontram-se os principais resultados obtidos, a partir da análise dos LD aprovados no PNLD de 2018 e a forma de como foram explorados.

Dessa maneira, a análise dos livros didáticos de Física ocorreu em duas principais frentes de trabalho, balizadas pelas técnicas de Análise de Conteúdo proposta por Bardin, bem como os aspectos enunciados na Teoria da Transposição Didática (TTD) proposta por Chevallard (1991), somada às regras ou etapas estipuladas por Astolfi (1997) que conduzem um saber a tornar-se um saber sábio a ser ensinado, para delinear características importantes a serem consideradas tanto para a elaboração, quanto para a seleção de livros didáticos.

A primeira parte consistiu em reunir os livros aprovados no PNLD de 2018 e realizar uma leitura flutuante (BARDIN, 2002) na busca por evidenciar as principais características das obras, bem como identificar onde estavam presentes os temas de FMC nas obras didáticas. Com o intuito de tornar mais abrangente a análise a ser realizada, utilizou-se o livro didático do professor, pois este contém o conteúdo destinado aos estudantes, além de uma seção extra destinada aos professores.

Concluiu-se, portanto, que de modo específico, o conteúdo relacionado à FMC está alocado no livro três de cada obra. Entretanto, eventualmente foi possível encontrar fragmentos textuais nas coleções que se desdobravam nos outros volumes, majoritariamente em caixa de diálogos no primeiro volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume nas coleções 01, 02, 03, 05, 08, 10, 11 e 12; brevemente em um dos primeiros volumes dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume nas coleções 07 e 09, circunscrito apenas no terceiro da coleção nas coleções 04 e 06.

A localização dos temas de FMC nos livros nos permitem levantar hipóteses se estes irão possivelmente ser abordados pelos professores, pois estando presentes praticamente restritos apenas ao último(s) capítulo(s) ou unidade do terceiro volume é possível inferir que possivelmente serão abordados em sala de aula se houver tempo e disponibilidade no curso do ano letivo. Além de que a abordagem exclusiva nas últimas seções dos livros do terceiro

volume pode dar a ideia de desarticulação dos conhecimentos a outros temas presentes em todos os anos do Ensino Médio.

Ainda como parte de uma primeira etapa, de descrição geral das obras, pode-se além de localizar os conteúdos de FMC, levantar o número de páginas dedicadas aos temas, identificar as representações fenomenológicas nas ilustrações, caracterizar os focos temáticos dos livros didáticos em relação à FMC, bem como a abordagem dos Conteúdos mais Recorrentes e de maneira mais específica em relação a esta última, observar o aspecto aplicável do Conteúdo e as indicações de outras plataformas de aprendizagem. As considerações detalhadas dos pontos levantados a priori são percorridas na seção 5.1 de resultados e análises.

Os autores dos livros didáticos, ao entenderem os livros como recursos que podem atender às demandas em sala de aula e também nos estudos em casa, apresentam visões mais específicas sobre suas obras, no diálogo entre os conteúdos tradicionais do ensino de Física do Ensino Médio e as novas tendências educacionais. De maneira geral, a multiplicidade e intensidade da abrangência dos temas de FMC variam de uma coleção para outra, mas a história da ciência se faz presente em todas. A abordagem matemática também está presente em praticamente todas as coleções, na apresentação de equações que sintetizam ou descrevem os temas, em especial sobre a energia quantizada e o quantum de ação, a dilatação do tempo, a contração das distâncias e o efeito fotoelétrico.

Considera-se importante destacar que além de uma abordagem teórica dos temas, os autores das obras têm uma preocupação em apresentar as consequências de tais tópicos no nosso próprio entendimento do Universo e principalmente nas aplicações tecnológicas acarretadas pelo desenvolvimento de tais conhecimentos. Cabe também ressaltar que os temas mais abordados nas obras são: Origens da FMC; Postulados da Teoria da Relatividade Restrita; Dilatação do tempo; Contração das distâncias; Equivalência entre massa e energia; Radiação de Corpo Negro; Quantum de ação e energia quantizada; Espectros de emissão e absorção; Modelo atômico de Bohr; Efeito Fotoelétrico. Tópicos que compreendem natureza variada e que abrangem uma gama de conhecimentos e empreendimentos sociais, bem como possibilidades múltiplas de os professores tornarem a FMC um tema que permeia, ao menos, boa parte do terceiro ano do Ensino Médio.

Com base nas questões supracitadas, nos tópicos mais recorrentes nos livros didáticos e nas contribuições de Bardin, Chevillard e Astolfi, desenvolveu-se a segunda grande parte da análise da pesquisa, onde surgiram as categorias propriamente ditas para análise das obras. Foram analisadas seis categorias ou perspectivas: Consensual – Temática; Didático –

Tecnológica; Operacional – Metodológica; de Raciocínios físico – conceitual/ físico – matemático; Socioadaptativa; CTSA em temas da FMC.

A partir da análise de tais categorias pode-se inferir que os autores apresentam visões que por vezes, se confluem na justificativa e abordagem de temas de FMC, bem como as orientações gerais aos professores na utilização dos livros, além de inclusões de textos extras como subsídio na formação dos professores da educação básica. Além de que todos consideram o livro como um meio para novas possibilidades, pois há indicações de artigos, livros, vídeos, simuladores e animações nas doze coleções. Entretanto alguns apresentam aos estudantes e professores, intencionalidades bem explícitas em relação a tais ferramentas extras como complementos das obras, bem como organicamente articulados com as teorias educacionais e as orientações legais da educação brasileira.

De maneira geral nos livros dos professores, é dada ênfase a importância do professor utilizar outras ferramentas e metodologias de ensino, para além das expressas nos livros, mas estes servem de um subsídio importante para a prática docente, ao articular a essencialidade do corpo de conhecimentos da Física que são essenciais para os estudantes se apropriarem, reconhecimento a Física como uma ciência em constante evolução e que apresenta um arcabouço que permeiam o cotidiano contemporâneo.

Além dos fatores apresentados a priori, percebeu-se que em algumas questões apresentavam o uso dessas tecnologias, porém de forma diminuta. Entretanto, cabe salientar que de um modo geral percebe-se que as questões são reflexos das perguntas presentes em provas específicas de mudança do nível médio para o superior. Como o ENEM apresenta características interdisciplinares, questões que são apresentadas seguem raciocínios mais elaborados que perfazem mais de um conteúdo e não necessariamente somente uma abordagem com a linguagem da Física.

Portanto, de acordo com o referencial teórico adotado, pôde-se considerar que o livro das coleções 06, 10 e 02 apresentam elementos mais coesos com a proposta facilitadora de uma transposição didática, a qual o professor dentro do cenário em sala de aula é levado a realizar ao longo do ano letivo uma abordagem atrelada a História da Ciência, as concepções teóricas, experimentais, bem como minimamente as relações entre CTSA para além das aplicações dos temas de FMC no cotidiano dos estudantes, de maneira a possibilitar que eles desenvolvam competências e habilidades expressas de maneira articulada na BNCC e também necessárias para uma atuação cidadã plena na sociedade contemporânea e globalizada que vivemos.

Com base nas análises e considerações realizadas na pesquisa, salientamos que não há intenção alguma de que as discussões sobre o ensino de FMC e os temas levantados na pesquisa se encerrem por aqui. Há diversos desdobramentos futuros possíveis de serem vislumbrados e desejados de serem pesquisados e entendidos inclusive por mim e, porque não por outros professores pesquisadores? Ressalta-se a possibilidade de abordar de maneira mais abrangente e também profunda as correlações entre os temas de FMC presentes nos livros didáticos.

Tendo em vista que as coleções analisadas ainda estão nas escolas de educação básica e irão delinear em boa parte os temas estudados pelos estudantes que estão no EM atualmente, podendo exprimir correlações e questionamentos que não puderam ser analisados neste trabalho, pois constituem-se como possibilidades de pesquisa ímpares ao meu ver, como: a) quais os temas que estão presentes nos livros didáticos que os professores realmente trabalham em sala de aula? Quais as possibilidades podem ser vislumbradas com tais temas?

A presença gritante de questões de raciocínio físico-matemático em temas de FMC se estende para outros temas, e com que intenções: para desenvolvimento de competências e inteligências matemáticas aos estudantes em detrimento de outras ou para fim de possibilidades de maior êxito em exames e vestibulares que realizam a transição entre a EB e o Ensino Superior? Qual a abrangência de temas e questões de FMC em exames e vestibulares? Há alguma relação entre estas e os temas e questões presentes nos livros didáticos da educação básica?

Diante de tais questionamentos pertinentes, percebe-se o desdobramento dessa pesquisa em várias possibilidades investigativas, as quais sugere-se que outros pesquisadores possam discorrer sobre tais temas e assim seja possível considerar novos direcionamentos que ampliem a importância da FMC, tornando-a mais presente na Educação Básica, tanto em discussões na sala de aula quanto na realidade perceptiva dos alunos.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Diana Patrícia Gomes de. **Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: o livro didático e as representações sociais de docentes**. Tese de Doutorado. São Paulo: 2019.

ALVES FILHO, José de Pinho. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. Tese (Doutorado em Educação)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

ANTUNES, M. M. **Técnica Delphi: metodologia para pesquisas em educação no Brasil**. Disponível em <<http://periodicos.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/reeducacao/article/view/2616/1894>>. Acesso em 11 maio 2021.

ASTOLFI, Jean Pierre e DEVELAY, Michel. **A Didática das Ciências**. 10ª ed. Campinas: Papirus, 2006. ASTOLFI, Jean Pierre et al. Mots-clés de la didactique des sciences. Pratiques Pédagogiques, De Boeck & Larcier S. A. Bruxelas, 1997.

ASTOLFI, Jean Pierre e DEVELAY, Michel. **A Didática das Ciências**. 10ª ed. Campinas: Papirus, 2006.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto; Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 2002.

BRASIL. Decreto nº 91.542, de 19 de Agosto de 1985. Disponível em <[\\_\\_\\_\\_\\_. BRASIL. Constituição \(1988\). \*\*Constituição da República Federativa do Brasil\*\*. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.](https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-91542-19-agosto-1985-441959-publicacaooriginal-1-pe.html#:~:text=Fica%20instituído%20o%20Programa%20Nacional,escolas%20p%C3%ABlicas%20de%201%C2%BA%20Grau.></a>. Acesso em 11 maio 2021.</p>
</div>
<div data-bbox=)

\_\_\_\_\_. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9394 de 20 de dezembro de 1996.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Resolução CEB nº 3 de 26 de junho de 1998.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Guia de livros didáticos do Ensino Médio: PNLD 2018 : Física**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 2017. Disponível em <<https://www.fnede.gov.br/pnld-2018/>>. Acesso em 01 abr. 2021.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

\_\_\_\_\_. **PCNEM + Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria de

Educação Média e Tecnológica – Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

\_\_\_\_\_. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Secretaria da Educação Básica. Brasília: MEC/SEMTEC, 2006.

\_\_\_\_\_. **Edital do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) 2009:** Ensino Médio. Ministério de Educação, Brasília: 2007.

\_\_\_\_\_. **Edital do PNLD 2012:** Ensino Médio. Ministério de Educação, Brasília: 2009.

\_\_\_\_\_. **Edital do PNLD 2015:** Ensino Médio. Ministério de Educação, Brasília: 2013.

\_\_\_\_\_. **Edital do PNLD 2018:** Ensino Médio. Ministério de Educação, Brasília: 2017.

\_\_\_\_\_. **Guia de Livros Didáticos Ensino Médio: PNLD 2015: Física Ensino Médio.** Ministério de Educação, Brasília: 2014.

\_\_\_\_\_. **Guia de Livros Didáticos Ensino Médio: PNLD 2018: Física Ensino Médio.** Ministério de Educação, Brasília: 2017.

BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula: 3º ano.** 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

BEGALLI, Marcia; CARUSO, Francisco; PREDAZZI, **O desenvolvimento da Física de Partículas.** <<http://www.cbpf.br/~caruso/fcn/publicacoes/pdfs/enrico.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2011.

BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H. **Física: 3º ano.** 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016

BONJORNO, V. et al. **Física: 3º ano.** 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. **Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física moderna?** Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 3, 2005. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID136/v10\\_n3\\_a2005.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID136/v10_n3_a2005.pdf)>. Acesso em: 03 maio 2011.

BIAZUS, Marivane de Oliveira. **Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: interfaces de uma proposta didática para Mecânica Quântica.** 2015. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

CARNEIRO, Maria Helena da S.; SANTOS, Widson Luiz P.; Mól, Gérson de S. **Livro Didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida.** Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências. v. 07, n.02, dez. 2005

CASSIANO, Célia Cristina Figueiredo. **O Mercado do Livro Didático no Brasil: da criação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) à entrada do capital internacional espanhol (1985-2007).** 2007. 252 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação: História, Política, Sociedade, Pontifícia Universidade

Católica de São Paulo, São Paulo, 2007

CAVALCANTE, M. A. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 30, n. 3, p. 579-613, dez. 2013

CAVALCANTE M. A.; SILVA, E.; PRADO, R.; HAAG, R.. Revista Brasileira de Ensino de Física v.24, 2002.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposicion Didactica: Del saber sabio al saber enseñado.** 1 ed. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.

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

COIMBRA, Sandra Gonçalves. **A formação de uma cultura científica no ensino médio: o papel do livro didático de física.** Dissertação de Mestrado. (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

CORREIA, Nestor. **A história da Física na educação brasileira.** Disponível em <[https://www.fe.unicamp.br/pf-fe/publicacao/4749/art7\\_14.pdf](https://www.fe.unicamp.br/pf-fe/publicacao/4749/art7_14.pdf)>. Acesso em 21 mar. 2021.

COSTA, R. C. **Construção do conhecimento Científico segundo algumas contribuições da epistemologia de Bachelard.** In: MORAES Roque (Org.). Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões epistemológicas e metodológicas. 2. Ed. Porto Alegre: EDI PUCRS, 2003.

D'AGOSTIN, A. **Física moderna e contemporânea: com a palavra professores do ensino médio.** 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

DOMINGUINI, L. **O Conteúdo Física Moderna nos livros didáticos do PNLEM 2010.** Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-graduação em educação da Universidade do Extremo Sul Catarinense (PPGEUNESC), Criciúma, 2010.

\_\_\_\_\_. **Física Moderna no Ensino Médio:** com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. Revista Brasileira de Ensino de Física. v. 34, n. 1, 2012.

DOS SANTOS, C. A. Introdução histórica à Física Moderna. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/oscar2004/mod01/m.html>>. Acesso em 15 mar. 2021.

FERNANDES, Antonia Terra de Calazans. Livros didáticos em dimensões materiais e simbólicas. Revista Educação e Pesquisa, São Paulo, v.30, n.3, p. 531-545, set./dez 2004. Disponível em <<https://www.revistas.usp.br/ep/article/view/27956/29728>>. Acesso em 15 mar. 2021.

FERRARO, Juliana Ricarte. **A produção dos livros didáticos: uma reflexão sobre imagem, texto e autoria.** Cadernos do CEOM - Ano 25, n. 34 - Arquivos e tecnologias digitais. Disponível em

<<https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/rcc/article/download/973/542/0>>. Acesso em 15 mar. 2021.

FERREIRA, Berta Weil. **Análise de conteúdo**. Revista Aletheia. n.11, p. 13-20. Jan- Jun. de 2000.

FLEMING, Henrique. **Max Planck e a Idéia do Quantum de Energia**. In: HUSSEIN, Mahir; SALINAS, Sílvio (org.). 100 anos de física quântica. São Paulo: Livraria da Física, 2001.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução de Joice Elias Costa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GALVÃO, R. (org.). **Sociedade Brasileira de Física: 50 anos**. São Paulo: SBF, 2016. 142 f. Disponível em <<http://www.sbfisica.org.br/arquivos/SBF-50-anos.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2016.

GARCIA, Lenise Aparecida Martins. **Competências e Habilidades: você sabe lidar com isso?** Disponível em <<https://www2.unifap.br/edFisica/files/2014/12/Competencias-e-Habilidades-VOC%C3%8A-SABE-LIDER-COM-ISSO.pdf>>. Acesso em 21 mar. 2021.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 3. ed. São Paulo: Ática, vol. 3, 2016.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. Física. 2. ed. São Paulo: Ática, v.3, 2016.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016. v. 3.

GRUB, André Mangetti. **O nascimento de uma nova Física e uma breve história de seus precursores**. 2010. 51 f. Monografia (Especialização) - Curso de Licenciatura em Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Disponível em <[http://www.infis.ufu.br/infis\\_sys/pdf/ANDRE%20MANGETTI%20GRUB.pdf](http://www.infis.ufu.br/infis_sys/pdf/ANDRE%20MANGETTI%20GRUB.pdf)>. Acesso em 15 mar. 2021.

GHTC. **Cinquenta anos do méson pi**. Disponível em <<http://www.ghtc.usp.br/meson.htm>>. Acesso em 19 mar. 2021.

HALLEWELL, L. **O livro no Brasil: sua história**. Trad. de Maria da Penha Villalobos, Lálío Lourenço de Oliveira e Geraldo Gerson de Souza, 2. ed, São Paulo: editora da Universidade de São Paulo (EdUSP), 2005.

HAWKING, S. W. **Uma Breve História do Tempo**. Lisboa: Gradiva, 1994.

KIOURANIS, Neide Maria Michellan; SOUZA, Aguinaldo Robinson de; SANTIN FILHO, Ourides. **Experimentos mentais e suas potencialidades didáticas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 1, p. 1507.1-1507.10, 2010

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. **Uma discussão sobre a natureza da ciência no**

**Ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 22, n. 1,, abr. 2005.

KÖHNLEIN, J. F. K. **Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita.** Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2003.

LÉPINE-SZIL, A.; HUSSEIN, M. S. **Física nuclear e aplicações:** desafios e perspectivas do conhecimento sobre o núcleo atômico. In: GALVÃO, R. Sociedade Brasileira de Física: 50 anos. São Paulo: SBF, 2016. 142 f.

LIMA, Nathan Willig ; OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda . **Física Quântica no ensino médio:** uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNL D em 2015. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 2, p. 435-459, ago. 2017. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n2p435>>. Acesso em 15 mar. 2021.

LORENZ, K. M. **Ação de instituições estrangeiras e nacionais no desenvolvimento de materiais didáticos de ciências no Brasil: 1960-1980.** Revista Educação em Questão, Natal, v. 31, n. 17, p. 7-23, jan./abr. 2008. Disponível em <<https://periodicos.ufrn.br/educacaoemquestao/article/download/3903/3170/#:~:text=Todos%20os%20projetos%20se%20caracteriza,para%20alunos%20especiais%2C%20e%20outros.>>>. Acesso em 15 mar. 2021.

LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. G. **Física:** contexto & aplicações: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016. v. 3.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. **Construção de conceitos de Física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia.** In: Revista Brasileira de Ensino de Física, v.28, n.4, p.473-485, 2006.

MARTINI, G. et al. **Conexões com a Física.** 3. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 3.

MOLLIER, Jean - Yves. A história do livro e da edição: um observatório privilegiado do mundo mental dos homens do século XVIII ao século XX. Revista Varia História. Belo Horizonte, vol. 25, nº 42: p.521-537, jul/dez 2009. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/vh/a/jBVwd3SnhDW6jf47KzS68mt/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 15 mar. 2021

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. **A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio.** Ciência & Educação. v. 15, n.3, 2009, p. 557-580.

MOREIRA, M. A. O Modelo Padrão da Física de Partículas. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/sMFh5cP7J9S8RzcXGsmV3fR/?format=pdf&lang=pt>>. Revista Brasileira de Ensino De Física v. 31, n.01, 2009

MOREIRA, E.; LIMA, M. C. A. **Física Moderna: conteúdo para vestibular das universidades públicas.** In: Simpósio Nacional de Ensino de Física. XVII, 2007. São Luís. Atas.

MOREIRA, Kênia Hilda ; Honorato, T. . XIV Simpósio Internacional Processos Civilizadores: Civilização, Fronteiras e Diversidade e IV Seminário do grupo de pesquisa educação e processo civilizador, edital PROEX/PIBEX Nº31/2011 - UFGD. 2012.

NEVES, Paula; VALADARES, Jorge Antônio. **O contributo dos manuais de Física para o enriquecimento conceptual dos alunos**. Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências. v.04, n 02, maio/agosto, 2004.

NUNES, Anderson Lupo. **A Física Quântica para Todos**. In: Atas do XVII SNEF, São Paulo : SBF, 2007. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfísica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0071-1.pdf>>. Acesso em 15 mar. 2021.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física básica**. vol 4, 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda.1998.

Oliveira FF, Vianna DM, Gerbassi RS. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. Revista Brasileira de Ensino de Física. 2007;29(3):447-454. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n3/a16v29n3.pdf>>. Acesso em 15 mar. 2021.

OSTERMANN, F., CAVALCANTI, C. J. H. **Física moderna e contemporânea no ensino médio**: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 3, p. 267-286, dez. 1999.

OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. **Tópicos de física contemporânea na escola média brasileira**: um estudo com a técnica Delphi. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 6., 1998, Florianópolis. *Atas*. Florianópolis: Imprensa UFSC, 1998.

\_\_\_\_\_. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física moderna e contemporânea no ensino médio”**. In: Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, nº 1, mar. 2000a. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ienci>>. Acesso em 15 mar. 2021.

\_\_\_\_\_. Física contemporânea en la escuela secundaria. Enseñanza de las Ciencias, v. 18, n. 3, p. 391-404, 2000b.

\_\_\_\_\_. **Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores**. In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.18, n.2, p. 135 – 151, Ago. 2001.

OSTERMANN, F. RICCI, T.F. **Relatividade Restrita no Ensino Médio: contração de lorentz-fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física**. In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n.2: p. 176-190, ago. 2002.

\_\_\_\_\_. **Relatividade Restrita no Ensino Médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de Física**. In: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 21, n. 1, p. 83-102 , 2004.

PARANÁ/SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Diretrizes Orientadoras da Educação Básica da Rede Estadual de Ensino – Física (DCE-Física)** 2008. Disponível em <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce\\_fis.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf)>. Acesso em 02 mar 2021.

PARANÁ/SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Caderno de expectativas de Aprendizagem**, 2012. Disponível em <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/caderno\\_expectativas.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/caderno_expectativas.pdf)>. Acesso em 02 mar 2021.

PEREIRA, Willian; LONDER, Leandro. **A Física produzida no Brasil nas coleções didáticas do programa nacional do livro didático (2018-2020)**. Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/epec/a/MKP6sWKmMnmkJwyLNjHdYfs/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 15 mar. 2021

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contexto: 3º ano do ensino médio**. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

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

PORTO, C. M.; PORTO, M. B. D. S. M. **Uma visão do espaço na mecânica newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1603, 2008. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n1/a17v30n1.pdf>>. Acesso em 19 mar. 2021.

REZENDE JUNIOR, Mikael Frank; SOUZA CRUZ, Frederico Firmo. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Do consenso de temas à elaboração de propostas**. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, 2003. Disponível em <<http://abrapecnet.org.br/enpec/iv-enpec/painel/PNL143.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2021.  
RICARDO, E. C. Física. In: **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. MEC: Brasília, 2004.

SANCHES, M. B. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Qual sua presença em sala de aula?** 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá, 2006.

SIQUEIRA, M. R. P. **Do visível ao indivisível: Uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**, 2006. Disponível em <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-18122020-183016/publico/Maxwell\\_Roger\\_da\\_Purificacao\\_Siqueira.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-18122020-183016/publico/Maxwell_Roger_da_Purificacao_Siqueira.pdf)>. Acesso em 15 mar. 2021.

SIQUEIRA, M. R. P.; PIETROCOLA, M. **A Física Moderna e Contemporânea em sala de aula: Uma atividade com os Raios X**. Disponível em <[http://www.hu.usp.br/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/Maxwell\\_A\\_FISICA\\_MODERNA\\_E\\_CONTEMPORANEA\\_EM\\_SALA\\_DE\\_AULA.pdf](http://www.hu.usp.br/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/Maxwell_A_FISICA_MODERNA_E_CONTEMPORANEA_EM_SALA_DE_AULA.pdf)>. Acesso em 15 mar. 2021.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE Física. **A Física no Brasil**. Disponível em <[http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos\\_diversos/Livros-e-Estudos/A-Fisica-no-Brasil.pdf](http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/Livros-e-Estudos/A-Fisica-no-Brasil.pdf)>. Acesso em 19 mar. 2021.

TERRAZZAN, E. A. **A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v.9, nº 3: p.209-214, dez.1992.

TERRAZZAN, E. A. **Perspectivas para a inserção de Física Moderna na Escola Média**. Tese de Doutorado. São Paulo: 1994.

TORRES, C. M. A. et al. **Física: ciência e tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 3.

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

VÁLIO, A. B. M. et al. **Ser protagonista: Física: 3º ano do ensino médio**. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.

VIDEIRA, A. A. P. **A física no Brasil de 1934 a 1966: dos alicerces da pesquisa à congregação da comunidade em uma sociedade**. In: GALVÃO, R. Sociedade Brasileira de Física: 50 anos. São Paulo: SBF, 2016. 142 f.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o ensino médio**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 3.

**APÊNDICE A: FICHA DESCRITIVA DOS LIVROS DIDÁTICOS APROVADOS  
PELO PNLD 2018**

REFERÊNCIA:

--	--

Nº DOC.                      AUTOR(A) OU AUTORES:

FORMAÇÃO E TITULAÇÃO DO AUTOR(A) OU AUTORES

--

EDITORA:

<b>ASPECTOS GERAIS DA OBRA</b>	
ONDE APARECEM OS TEMAS DA FMC?	
NÚMERO DE PÁGINAS PARA ABORDAGEM DOS TEMAS	
UTILIZAÇÃO DE ILUSTRAÇÕES	

<b>ÊNFASE DA ABORDAGEM</b>	
TEMAS ABORDADOS NAS COLEÇÕES	
QUANTO AO ASPECTO REFLEXIVO DO CONTEÚDO	
QUANTO AOS EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO CONTEÚDO DISCIPLINAR	
QUANTO A INDICAÇÕES DE OUTRAS PLATAFORMAS DE APRENDIZAGEM	
QUANTO À SEQUÊNCIA DOS CONTEÚDOS	

<b>ASPECTOS PROVENIENTES DO EDITAL E GUIA DO PNLD 2018</b>	
COMO OS CONTEÚDOS DIALOGAM ENTRE SI?	

COMO A OBRA ABORDA A QUESTÃO DO EXERCÍCIO DA CIDADANIA ATIVA, CRÍTICA E TRANSFORMADORA?	
COMO A OBRA EXPLORA OS DESDOBRAMENTOS CONCEITUAIS DOS TEMAS	
QUANTO AOS EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO CONTEÚDO DISCIPLINAR	

<b>ASPECTOS PROVENIENTES DA RELAÇÃO ENTRE A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E AS ABORDAGENS METODOLÓGICAS</b>	
COMO A OBRA APRESENTA OS CONTEÚDOS CONSENSUAIS?	
COMO A OBRA APRESENTA OS CONTEXTOS DE ATUALIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS	
DE QUE FORMA OS CONHECIMENTOS TORNAM-SE OPERACIONAIS	
DE QUE FORMA OS AUTORES MOBILIZAM A CRIATIVIDADE DIDÁTICA NA ABORDAGEM DOS TEMAS	
DE QUE FORMA OS CONTEÚDOS SÃO ABORDADOS DE MANEIRA A TRAZER ASPECTOS SIGNIFICATIVOS AOS ESTUDANTES	

<b>OBSERVÂNCIA DAS CARACTERÍSTICAS E FINALIDADES ESPECÍFICAS DO MANUAL DO PROFESSOR</b>	
COMO A OBRA APRESENTA AS ORIENTAÇÕES OU POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO E/OU EXPLORAÇÃO DOS CONTEÚDOS?	
COMO A OBRA APRESENTA AS RELAÇÕES COM A BNCC?	
COMO A OBRA RELATA AS ATIVIDADES PARA AMPLIAR A PERCEPÇÃO DO ALUNO FRENTE AO TEMA EM ESTUDO?	
COMO A OBRA SUGERE A APLICAÇÃO DE ATIVIDADES?	
COMO A OBRA SUGERE QUE O PROFESSOR AMPLIE AS DISCUSSÕES TEMÁTICAS COM OS ALUNOS?	
COMO A OBRA APRESENTA SUGESTÕES DE USO DE SIMULADORES?	

**APÊNDICE B: Tabela sobre os aspectos gerais das coleções de livros didáticos**

Tabela B1: Aspectos gerais das coleções de livros didáticos

COLEÇÃO	ONDE APARECEM OS EVIDENCIADOS OS TEMAS DA FMC?	NÚMERO DE PÁGINAS
01	Em caixa de diálogos nos dois primeiros volumes dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume.	45
02	Em caixa de diálogos nos dois primeiros volumes dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume..	38
03	Em caixa de diálogos nos dois primeiros volumes dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume.	60
04	Circunscrito apenas no terceiro da coleção.	66
05	Em caixa de diálogos no primeiro volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume.	23
06	Circunscrito apenas no terceiro da coleção.	93
07	Brevemente no segundo volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume.	26
08	Em caixa de diálogos no primeiro volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume.	41
09	Brevemente no primeiro volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume.	128
10	Em caixa de diálogos no primeiro volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume.	71
11	Em caixa de diálogos no segundo volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume.	66
12	Em caixa de diálogos no primeiro volume dos livros da coleção e circunstanciados no terceiro volume	50

**APÊNDICE C: Tabela sobre a utilização de ilustrações nos livros didáticos**

Tabela C1: Utilização de ilustrações nos livros didáticos

UTILIZAÇÃO DE ILUSTRAÇÕES	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Apresenta figuras representativas que auxiliam na ilustração ou modelização	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
As figuras estão em conformidade com o texto, favorecendo sua compreensão	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Contém figuras que apresentam aplicações tecnológicas dos conhecimentos.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apresenta imagens de cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da FMC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
As figuras apresentam numeração, título, legenda e/ou texto explicativo do assunto.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
As legendas evidenciam quando uma figura não está em escala ou proporção adequada e cores fantasias.	X		X	X		X	X	X	X	X	X	



Modelo ondulatório e quântico para as radiações eletromagnéticas		X		X								
Quantum de ação e energia quantizada	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Espectros de emissão e absorção		X		X		X	X	X	X	X	X	X
Modelo atômico de Bohr	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X
Princípio da correspondência											X	
Efeito Fotoelétrico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Princípio da Incerteza	X	X		X		X		X		X		X
Ondas de matéria	X	X		X								
Dualidade onda-partícula	X	X				X		X	X	X		X
Spin do elétron				X							X	
Teoria das bandas											X	
Semicondutores											X	
Núcleo atômico	X				X			X				
Linha de estabilidade do núcleo								X	X			
Forças fundamentais	X								X			
Decaimento nuclear	X	X				X		X	X	X	X	X
Transmutação artificial		X										
Radioisótopos		X										
Atividade e meia-vida		X				X			X	X	X	
Reações nucleares: Fusão e Fissão	X	X				X		X		X	X	
Energia Nuclear	X	X				X			X	X		
Radioatividade	X	X		X	X					X	X	
Detectores de Radiação		X						X				X
Lixo radioativo	X	X				X			X	X		
Acidentes nucleares	X	X				X			X	X		

Física de partículas												
Partículas elementares			X		X		X	X		X	X	
Antipartículas								X	X	X		
Interações e forças fundamentais			X		X		X	X		X	X	
Modelo-padrão			X		X		X			X	X	
Nanotecnologia							X		X			
Matéria e energia escura		X	X						X			
Lei de Hubble		X			X			X		X		
Expansão do Universo		X			X			X		X		
<i>Blueshift e Redshift.</i>		X			X			X		X		
Efeito Doppler Relativístico		X						X	X			
Teoria do <i>Big-Bang</i>					X			X		X		
Evolução Estelar - Diagrama H-R					X				X	X		
Classificação espectral de Harvard								X		X		
Buraco negro					X				X			
Ondas gravitacionais							X	X		X		
Estrutura e geometria do Universo										X		
Radiação cósmica de fundo								X		X		

**APÊNDICE E: Tabela sobre o sumário do volume 03 dos livros didáticos.**

Tabela E1: Sumário do volume 03 dos livros didáticos.

COLEÇÃO 01 Editora: FTD	BARRETO, XAVIER	Unidade 05 - Física Moderna e Contemporânea
<p><b>Capítulo 13: Teoria da Relatividade restrita</b>            1. Breve histórico sobre a medida da velocidade da luz. 2. A relatividade de Galileu 3. A relatividade de Einstein. 4. As transformações da relatividade de Einstein. 5. Massa e energia. 6. Quantidade de movimento relativístico.</p>		
<p><b>Capítulo 14: Física Quântica</b>            1. As origens da Física Quântica. 2. Radiação de um corpo negro. 3. O modelo atômico de Bohr. 4. O efeito fotoelétrico. 5. O princípio da incerteza.</p>		
<p><b>Capítulo 15: Física Nuclear</b>            1. O núcleo atômico. 2. Decaimento nuclear. 3. Reações nucleares. 4. Energia nuclear e sua utilização. 5. Física e a evolução dos conhecimentos. 5.1 Que desafios a Física precisará enfrentar neste século. 5.2 A constituição escura do Universo. 5.3 Como e do que são formados os componentes do Universo? 5.4 Como explicar os neutrinos? 5.5 Supercordas e o sonho de unificar as quatro forças</p>		
COLEÇÃO 02 Editora: Saraiva	BISCUOLA, VILLAS BÔAS, DOCA	Unidade 04: Física Moderna
<p><b>Capítulo 12 - Noções de Física Quântica.</b>            1 Introdução. 2 Modelo ondulatório para as radiações eletromagnéticas. 3 A radiação térmica e o corpo negro. 4 Modelo quântico para as radiações eletromagnéticas. 5. Efeito fotoelétrico. 6. A dualidade da luz. 7. O átomo de Bohr e as transições eletrônicas .</p>		
<p><b>Capítulo 13 - Mais de Física moderna: relatividade e outras noções.</b>            1. Introdução. 2. O surgimento da Teoria da Relatividade. 3. Os postulados de Einstein. 4. A dilatação do tempo. 5. A contração do comprimento. 6. Composição de velocidades. 7. Massa relativística. 8. Equivalência entre massa e energia. 9. Relação entre a energia e a quantidade de movimento de um corpo. 10. Comportamento ondulatório da matéria. 11. De Broglie e o modelo de Bohr. 12. As quatro forças fundamentais da natureza.</p>		
COLEÇÃO 03: Editora: FTD	BONJORNO, V. <i>et al.</i>	Unidade 04: Física Moderna
<p><b>Capítulo 11: Teoria da Relatividade Restrita</b>            1. Da ciência esgotada a uma nova Física. 1.1 O éter e o experimento de Michelson e Morley. 1.2 Contração de Lorentz -Fitzgerald. 2 .Postulados da Teoria da Relatividade restrita. 2.1 Composição de velocidades. 3. Tempo e espaço relativos. 3.1 Simultaneidade. 3.2 Dilatação do tempo. 3.3 Contração do comprimento. 4. Massa relativística. 4.1 Influência na quantidade de movimento. 4.2 Equivalência entre massa e energia relativísticas.</p>		
<p><b>Capítulo 12: Física Quântica.</b>            1. Radiação de corpo negro. 2. Efeito fotoelétrico. 3. Efeito Compton. 3.1 Dualidade onda-partícula.</p>		

<b>Capítulo 13: Radioatividade.</b>		
1. Considerações históricas. 2. Origem da radioatividade. 3. Transmutação. 3.1 Transmutação artificial. 4. Radioisótopos. 4.1 Meia-vida. 4.2 Aplicações. 4.3 Diagnóstico e tratamento. 4.4 Radioterapia. 4.5 Esterilização. 4.6 Datação. 5. Reações Nucleares. 5.1 Fissão Nuclear. 5.2 A usina nuclear e o lixo atômico. 5.3 Fusão Nuclear.		
COLEÇÃO 04: Editora: Ática	GASPAR	Unidade 04: Física Moderna
<b>Capítulo 12: Relatividade</b>		
1. Introdução. 2. A relatividade e o movimento ondulatório. 3. O enigma do éter. 4. Os postulados da teoria da relatividade restrita. 5. A impossibilidade da simultaneidade. 6. A dilatação do tempo. 7. A contração dos comprimentos. 8. Energia relativística. 9. Teoria da relatividade geral. 10. Conclusão.		
<b>Capítulo 13: Origens da Física quântica</b>		
1. Descargas em tubos com gases rarefeitos e espectroscopia 2. Raios catódicos, raios beta e elétron. 3. Radiação térmica. 4. As hipóteses de Wien e Rayleigh-Jeans. 5. O quantum de ação. 6. Os raios X e a radioatividade. 7. O átomo de Rutherford. 8. O espectro do átomo de hidrogênio. 9. O átomo de Bohr.		
<b>Capítulo 14: A nova Física</b>		
1. O spin do elétron. 2. Pauli e o princípio da exclusão. 3. As ondas de matéria. 4. A Mecânica ondulatória. 5. O princípio da incerteza. 6. O neutrino e a conservação da energia. 7. Um novo tipo de partícula. 8. A Física de partículas. 9. Conclusão.		
Coleção 05: Editora: Leya	GONÇALVES TOSCANO	FILHO,
<b>Capítulo 05: Tópicos de Física Moderna</b>		
1. Uma nova maneira de compreender o mundo físico. 2. A Física Moderna e as novas tecnologias. 3. Da radioatividade às radioterapias. 4. O núcleo atômico.		
Coleção 06: Editora: Ática	GUIMARÃES, CARRON	PIQUEIRA, Unidade 4: O muito pequeno e o muito grande
<b>Capítulo 09: Os pilares da Física moderna</b>		
1. A Física no final do século XIX. 2. Postulados da teoria da relatividade especial. 3. 3.1 Dilatação do tempo. 3.2 Paradoxo dos gêmeos. 4. Contração da distância. 5. Dinâmica relativística. 5.1 Energia relativística. 6. Teoria quântica. 6.1 A radiação do corpo negro. 6.2 A teoria quântica. 7. Efeito fotoelétrico. 8. Modelos atômicos. 9. Bohr e o átomo de hidrogênio. 10. A dualidade onda-partícula e o princípio da incerteza.		
<b>Capítulo 10: Física nuclear</b>		
1. Radioatividade. 1.1 Decaimento radioativo. 2. Radiações: interações e aplicações . 2.1 Aplicações das radiações. 3. Reações nucleares. 3.1 Aceleradores de partículas. 4. Fissão nuclear e fusão nuclear. 5. Reatores nucleares. 5.1 Usinas nucleares no mundo. 5.2 Rejeitos radioativos e acidentes nucleares. 5.3 Reatores de fusão nuclear.		
<b>Capítulo 11: Cosmologia e partículas elementares</b>		
1. A criação. 1.1 A criação em outras culturas. 2. A vida de uma estrela. 2.1 A gigante		

vermelha. 2.2 De gigante vermelha a supernova. 2.3 O buraco negro. 3. Origem do Sistema Solar. 4. O Universo. 4.1 O Universo finito. 4.2 O Universo em expansão. 4.3 A teoria do big-bang. 4.4 Evidências experimentais do modelo do big-bang. 4.5 Futuro do Universo. 5. Os tijolos da matéria. 5.1 As três gerações de partículas. 6. Interações fundamentais e modelo-padrão. 6.1 Horizontes da Física .		
Coleção 07: Editora: Scipione	LUZ, ÁLVARES, GUIMARÃES	Unidade 4: Física contemporânea
<p><b>Capítulo 09: Teoria da relatividade e Física quântica</b>            9.1 Relatividade: antecedentes históricos. 9.2 A teoria da relatividade especial. 9.3 A teoria da relatividade geral. 9.4 Problemas que levaram ao surgimento da Física quântica.</p>		
Coleção 08: Editora: Moderna	MARTINI <i>et al.</i>	Unidade 4: Questões da Física do século XXI
<p><b>Capítulo 15: A teoria da relatividade restrita</b>            1. Introdução. 2. Teoria da relatividade restrita. 2.1 Transformações de Galileu. 2.2 A relatividade do tempo. 2.3 O paradoxo dos gêmeos. 2.4 A relatividade do comprimento. 2.5 Decaimento do múon. 2.6 O mundo das altas velocidades.</p>		
<p><b>Capítulo 16: Elementos da Mecânica Quântica</b>            1. Introdução. 2. Efeito fotoelétrico. 3. Um novo modelo para a luz. 4. A explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico. 5. Espectros de absorção e de emissão e o modelo atômico de Bohr. 5.1 Modelo atômico de Bohr. 6. A dualidade onda-partícula e o princípio da incerteza. 6.1 O princípio da incerteza de Heisenberg.</p>		
<p><b>Capítulo 17: Desafios da Física no século XXI</b>            1. Introdução. 2. A busca pelo átomo. 2.1 O “cimento” dos “tijolos” – as interações fundamentais. 2.2 O bóson de Higgs. 3. Ondas gravitacionais. 4. A nanotecnologia.</p>		
Coleção 09: Editora: do Brasil	PIETROCOLA <i>et al.</i>	Unidade 2: Ondas eletromagnéticas Unidade 3 - Radiação e matéria
<p><b>Capítulo 07 - Espectroscopia</b>            1. Cor e temperatura das fontes de radiação visível. 2. Espectros luminosos. 3. Escrito nas estrelas.</p>		
<p><b>Capítulo 08 - A natureza da luz</b>            1. Controvérsias a respeito da natureza da luz. 2. Éter. 3. Teoria da Relatividade Restrita. 4. Teoria da Relatividade Geral. 5. Efeito Fotoelétrico. 6. O que é luz afinal.</p>		
<p><b>Capítulo 09: Estrutura da Matéria</b>            1. Pensando sobre o muito pequeno. 2. Átomos e níveis de energia. 3. Núcleo atômico. 4. Decaimento radioativo.</p>		
<p><b>Capítulo 10 - Partículas elementares</b>            1. O mundo das partículas. 2. Aceleradores. 3. Dispositivos de detecção de partículas. 4. Leis de conservação. 5. Identificando partículas em fotografias. 6. Três partículas especiais: pósitron, pión e os raios cósmicos. 7. Quarks.</p>		
Coleção 10:	TORRES <i>et al.</i>	Unidade II: Física Moderna e

Editora: Moderna		Contemporânea
<p><b>Capítulo 05: Relatividade Especial</b>  1. A Física antes de 1900. 2. Relatividade de Einstein. 3. Adição de velocidades. 4. Energia relativísticas. 5. Noções de Relatividade Geral.</p>		
<p><b>Capítulo 06: Física Quântica</b>  1. O surgimento da Física Quântica. 2. Radiação térmica. 3. Efeito fotoelétrico. 4. Modelo atômico de Bohr. 5. Dualidade onda-partícula. 6. Princípio da Incerteza. 7. Nanotecnologia.</p>		
<p><b>Capítulo 07: Física Nuclear</b>  1. Introdução. 2. Núcleo atômico. 3. Radioatividade. 4. Lei do decaimento radioativo. 5. Fissão nuclear e fusão nuclear. 6. Rejeito radioativo. 7. Acidentes nucleares. 8. Um pouco de evolução estelar. 9. Forças fundamentais da natureza. 10. Partículas fundamentais da matéria-antimatéria. 11. Um pouco de Cosmologia.</p>		
<p><b>Capítulo 08: Tecnologia das comunicações</b> 1. Introdução. 2. Telégrafo. 3. Telefone. 4. Rádio. 5. Televisão. 6. Computador. 7. Telefonia móvel e celular.</p>		
Coleção 11: Editora: SM	VÁLIO <i>et al.</i>	Unidade 03: Física Moderna
<p><b>Capítulo 08: A Física do “muito pequeno”</b>  8.1 Estrutura da matéria. 8.2 Física quântica. 8.3 A Física das partículas elementares. 8.4 Física nuclear.</p>		
<p><b>Capítulo 09: Física do “muito grande”</b>  9.1 Medidas astronômicas. 9.2 Modelos cosmológicos iniciais. 9.3 Estrelas. 9.4 Teoria da relatividade. 9.5 Modelo-padrão do Universo.</p>		
Coleção 12: Editora: Saraiva	YAMAMOTO, FUKU	Unidade 03: Física Moderna
<p><b>Capítulo 17 - Teorias da Relatividade</b>  1. Referenciais e simultaneidade. 2. Transformações e invariantes. 2.1 A Física na História - O experimento de Michelson e Morley. 3. A ideia de tempo. 4. Postulados da Teoria da Relatividade Especial. 4.1 Paradoxos e o paradoxo dos gêmeos. 5. A massa relativística. 5.1 A energia relativística. 6. A Relatividade Geral.</p>		
<p><b>Capítulo 18 - Teoria Quântica</b>  1. A radiação do corpo negro. 2. O efeito fotoelétrico. 3. A dualidade da luz e da matéria. 4. O Princípio da complementaridade. 5. O modelo atômico de Bohr. 6. O Princípio da incerteza de Heisenberg.</p>		
<p><b>Capítulo 19 - Física Nuclear</b>  1. O átomo, até a década de 1950. 2. A radioatividade e os processos nucleares. 3. As partículas do Modelo Padrão. 4. Meia-vida. 5. A datação por isótopos. 6. Radiações ionizantes.</p>		

## **ANEXO A: Critérios eliminatórios específicos do componente curricular de Física do PNL D 2018**

### 3.4.2.3. Critérios eliminatórios específicos para o componente curricular Física

Para o componente curricular Física será observado se a obra:

- a. utiliza o vocabulário científico como recurso que auxilie a aprendizagem das teorias e explicações Físicas, sem privilegiar a memorização de termos técnicos e definições, não se pautando, portanto, somente por questões de cópia mecânica ou memorização;
- b. 58
- c. introduz assunto ou tópico conceitual, levando em consideração as concepções alternativas que estudantes típicos de educação básica costumam manifestar e que já estão sistematizadas na literatura nacional e estrangeira da área de pesquisa em ensino de Física, bem como as suas experiências socioculturais;
- d. propõe discussões sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, promovendo a formação de um cidadão capaz de apreciar e de posicionar-se criticamente diante das contribuições e dos impactos da ciência e da tecnologia sobre a vida social e individual;
- e. apresenta exercícios e problemas de modo claro, de acordo com a função de cada tipo de questão/atividade. Os problemas devem ser apresentados mediante enunciados acompanhados da contextualização da situação-problema específica e devem ser abertos o suficiente para estimular/permitir estimativas e considerações por parte do professor e do estudante;
- f. e. utiliza abordagens do processo de construção das teorias Físicas, sinalizando modelos de evolução dessas teorias que estejam em consonância com vertentes epistemológicas contemporâneas;
- g. apresenta arranjos experimentais ou experimentos didáticos realizáveis em ambientes escolares típicos, previamente testados e com periculosidade controlada, ressaltando a necessidade de alerta acerca dos cuidados específicos para cada procedimento;
- h. traz uma visão de experimentação afinada com uma perspectiva investigativa, mediante a qual os jovens são levados a pensar a ciência como um campo de construção de conhecimento, onde se articulam, permanentemente, teoria e observação, pensamento e linguagem. Nesse sentido, é absolutamente necessário que a obra, em todo o seu conteúdo, seja permeada pela apresentação contextualizada de situações-problema que fomentem a compreensão de fenômenos naturais, bem como a construção de argumentações;
- i. estimula o estudante para que ele desenvolva habilidades de comunicação oral e de comunicação científica, propiciando leitura e produção de textos diversificados, como artigos científicos, textos jornalísticos, gráficos, tabelas, mapas, cartazes, entre outros;
- j. utiliza analogias e metáforas de forma cuidadosa e adequada, garantindo a explicitação de suas semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos/conceitos estudados, bem como de seus limites de validade;
- k. utiliza ilustrações de forma adequada, tendo em vista sua real necessidade e sua referência explícita e complementar ao texto verbal;
- l. evita utilizar somente situações idealizadas, fazendo referências explícitas sobre as condições das situações trabalhadas, quando essas se fizerem necessárias; e evita, também, apresentar situações de realização impossível ou improvável, sinalizando claramente quando se utiliza de referências do gênero ficção científica;

- m. evita apresentar fórmulas matemáticas como resultados prontos e acabados, sem trazer deduções explícitas, quando forem pertinentes e cabíveis, ainda que na forma de itens complementares ou suplementares ao texto principal;
- n. apresenta expressões matemática de leis, sempre acompanhadas de seus enunciados próprios e em forma adequada, bem como da especificação de suas condições de produção ou criação;
- o. evita apresentar enunciados de leis, caracterização de teorias ou modelos explicativos, desacompanhados de suas condições de utilização, bem como de seus limites de validade;
- p. trata, sempre de forma articulada, tópicos conceituais que são claramente inter-relacionados na estrutura conceitual da ciência Física e introduz/apresenta cada tópico ou assunto mediante a necessária problematização;
- q. trata de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho;
- r. apresenta os conteúdos conceituais da Física sempre acompanhados, ou partindo de sua necessária contextualização, seja em relação aos seus contextos sócio-cultural-histórico-econômicos de produção, seja em relação a contextos cotidianos em que suas utilizações se façam pertinentes, evitando a utilização de contextualizações artificiais para esses conteúdos.

#### 3.4.2.3.1. Manual do Professor

Na avaliação das obras do componente curricular Física, será observado, ainda, se o manual do professor:

- a. apresenta, em suas orientações didático-pedagógicas, o componente curricular escolar Física no contexto da área curricular das Ciências da Natureza, ressaltando as relações e congruências com noções, conceitos e situações também abordadas em outros componentes curriculares do ensino médio;
- b. apresenta uma proposta didático-pedagógica que compreenda não só o papel mediador do professor de Física no processo de aprendizagem do estudante, como também a sua especificidade na condução das atividades didáticas, procurando, assim, superar visões de ciência empiristas e indutivistas;
- c. apresenta a sua fundamentação teórica com clareza, de modo que fiquem explícitos os princípios subjacentes à proposta didático-pedagógica da obra, tendo em vista:
  - c.1. papéis do estudante e do professor no processo de ensino/aprendizagem/avaliação;
  - c.2. tipos de atividades organizadas e propostas;
  - c.3. papel da avaliação de desempenho dos estudantes;
  - c.4. forma como o livro se organiza;
  - c.5. informações complementares necessárias para melhor compreensão da fundamentação teórico-conceitual e prático-metodológica que orientou a produção da obra didática;
- d. traz considerações pertinentes e atualizadas sobre as possibilidades de abordagens didático-pedagógicas, baseadas em pesquisas acadêmico-científicas e acompanhadas de seus vínculos e compromissadas explicitamente com teorias de ensino e de aprendizagem específicas;

- e. estimula o professor a continuar investindo em sua própria aprendizagem, ampliando os seus conhecimentos de e sobre Física, bem como sobre as múltiplas formas de desenvolver as suas atividades de ensino;
- f. propõe atividades extras variadas, que contemplem o aprofundamento de conhecimento nos assuntos tratados para além daquelas indicadas no livro do estudante;
- g. apresenta sugestões de implementação das atividades apresentadas no livro do estudante, sobretudo naquelas que envolvam a utilização de experimentos didático-científicos;
- h. em relação à experimentação, traz alerta bem claro sobre a eventual periculosidade dos procedimentos propostos, bem como oferece alternativas na escolha dos materiais para os experimentos, evitando, porém, detalhamentos que possam impedir a criatividade e autonomia do professor;
- i. oferece sugestões de respostas para as atividades propostas no livro do estudante, sem, no entanto, restringi-las a uma única possibilidade, procurando, sempre que cabível, discutir diferentes estratégias de solução e possibilidades de desenvolvimento das atividades e respostas pertinentes;
- j. apresenta referências bibliográficas atualizadas e de qualidade, que orientem o professor em relação a leituras complementares, tanto sobre os temas que deve abordar em suas aulas, quanto sobre questões relativas ao processo de aprendizagem e às metodologias de ensino.