

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: Análise de Conteúdo dos Livros Didáticos de Física do Ensino Médio Aprovados Pelo PNLD de 2018

Patrícia do Nascimento Pereira¹
Silvete Coradi Guerini²

RESUMO

Esta pesquisa apresenta os resultados de uma análise efetuada em obras didáticas aprovadas no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018 para a disciplina de Física. O objetivo geral consistiu em avaliar como estão sendo apresentados os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) nesses materiais, evidenciando as principais potencialidades e fragilidades de cada obra. Compuseram o *corpus* desta pesquisa três obras didáticas escolhidas por escolas públicas estaduais de São Luís – Maranhão. A metodologia aplicada direcionou-se pela abordagem qualitativa e tipologia documental. Os resultados revelam que as obras didáticas analisadas podem ser consideradas boas ferramentas para o processo de Ensino de Física, apesar de algumas não conterem todos os tópicos de FMC relevantes para formação científica e cidadã do aluno. Ficou evidente que dos critérios investigados, a interdisciplinaridade foi contemplada de forma satisfatória. É preciso, contudo, que os professores estejam preparados para suprir as falhas dos livros didáticos, buscando subsídios em outros recursos pedagógicos além do livro, como textos científicos, notícias de jornais e revistas.

Palavras-chave: física moderna e contemporânea; livro didático; Ensino Médio.

MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS: CONTENT ANALYSIS OF THE HIGH SCHOOL PHYSICS BOOKS APPROVED BY THE 2018 PNLD

ABSTRACT

This research presents the results of an analysis carried out on didactic works approved in the National Textbook Program (PNLD) of 2018 for the discipline of Physics are presented. The overall objective was to evaluate the contents of Modern and Contemporary Physics (MCP) presented in these materials, highlighting the positive and negative aspects of each work. The *corpus* of this research comprised three didactic works used by state public schools in São Luís – Maranhão. The applied methodology was guided by the qualitative approach and documentary typology. The results reveal that the didactic works analyzed can be considered good tools for the Physics teaching process, although some works do not contain all the relevant MCP topics for scientific and citizen education of the students. It was evident that among the criteria investigated, interdisciplinarity was considered satisfactorily. However, it is necessary that teachers are prepared to make up for the failures of textbooks, seeking subsidies in other pedagogical resources besides the book, such as scientific texts, news from newspapers and magazines.

Keywords: modern and contemporary physics; textbook; High school.

Submetido em: 17/3/2020

Aceito em: 6/7/2020

¹ Autora correspondente: Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPECEM. São Luís/MA. <http://lattes.cnpq.br/5202093247940674>. <https://orcid.org/0000-0001-6409-9511>. prof.nascimento.patricia@gmail.com

² Universidade Federal do Maranhão. São Luís/MA, Brasil. <http://lattes.cnpq.br/0527275499843168>. <https://orcid.org/0000-0001-5143-9302>. silvete@gmail.com

INTRODUÇÃO

O Ensino de Física e os livros didáticos possuem um papel fundamental na formação científica, social e cultural do aluno. O livro didático apresenta grande influência no processo de ensino-aprendizagem, pois é uma das principais ferramentas utilizadas por docentes para planejar e ministrar suas aulas, embora não seja a única. Nele apresenta-se a transposição didática, que segundo Chevallard (1991), o saber sábio produzido pela Ciência é convertido em saber a ensinar. Dessa forma, compreender como se estrutura o conhecimento a ser ensinado nos livros didáticos nos auxilia a perceber os caminhos que a educação atual trilha (DOMINGUINI, 2010).

O livro didático de Física constitui-se em um complexo ícone cultural, composto por discurso científico, pedagógico e midiático que dissemina as teorias educacionais e científicas, com a finalidade de contribuir com a construção do conhecimento dos alunos. A linguagem deste recurso é fundamentada no discurso científico que deve ser adaptada para o contexto dos alunos. Esse processo de adaptação define a transposição didática como a principal característica do livro didático, mas não a única (DOMINGUINI, 2010).

Vieira e Camargo (2013) apresentam outras características do livro didático, por exemplo, a interpretação do conhecimento científico a partir de uma realidade empirista-indutivista e a organização deste recurso em unidades, capítulos e conteúdos. O discurso empirista-indutivista presente em livros didáticos interpreta a Ciência como resultado de um conjunto de etapas ou ações padronizadas, enaltecendo e difundindo a concepção de um método científico minucioso, infalível e homogêneo. Este discurso exclui do espaço formal de ensino os processos criativos que permeiam o conhecimento científico e desconhece a característica da Ciência de produção humana em constante desenvolvimento e aperfeiçoamento.

A presença do empirismo-indutivismo como única visão epistemológica da Ciência, corrobora com os estereótipos atribuídos à Física, como Ciência estática e acabada, uma visão ingênua do que é a Ciência e o trabalho científico. Vê-se, entretanto, um esforço da comunidade acadêmica em contemplar na formação inicial e continuada de professores discussões e mudanças que superem as concepções errôneas da Ciência. Por outro lado, há ainda livros didáticos que revelam que a educação científica ainda tem uma sólida fundamentação na corrente empirista-indutivista (RIBEIRO; MARTINS, 2007).

O livro didático é um material de forte influência na prática de ensino da educação brasileira. Por isso, é fundamental que os professores durante o processo de escolha do livro didático estejam atentos à qualidade, à coerência, à relevância dos conteúdos para a formação científica dos alunos e à classificação dos tipos de exercícios que compõem os conteúdos científicos.

A diversidade de exercícios poderá contribuir para o crescimento gradual do nível de dificuldade do aluno, ou seja, contribui para a formação de um indivíduo crítico, pensante e não apenas um reproduzidor de conhecimento. Além disso, ressalta-se que o livro didático não deve ser o único material a ser utilizado, pois há uma variedade

de fontes de informação que contribuirá para ampliar a visão do aluno sobre o conhecimento pertinente às Ciências (ZAMBON; TERRAZZAN, 2017).

A reforma curricular exige que os livros didáticos correspondam às exigências de uma Educação do século 21, em que o conhecimento, os valores, a capacidade de aprender e resolver problemas sejam elementos essenciais para o processo de alfabetização científica (BRASIL, 2018). Dessa forma, o livro didático não pode continuar como fonte de conhecimentos, por vezes equivocados e absolutos, a serem transmitidos pelo docente e memorizados pelo aluno. É fundamental que pesquisas sejam realizadas a fim de apontar onde os autores de livros didáticos podem melhorar a qualidade da abordagem dos conteúdos da Física.

Sobre o processo de escolha dos livros didáticos, Basso e Terrazzan (2015) identificaram que há constantes questionamentos a respeito da forma como se realiza a seleção das obras e o pouco conhecimento dos docentes sobre o Guia dos Livros Didáticos. Segundo os autores, não são feitas investigações aprofundadas, e isso acaba caracterizando uma escolha sem parâmetros e sem considerar a avaliação feita pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Saber escolher um bom livro contribui na busca do sucesso do processo de ensino-aprendizagem e da prática docente.

Considerando a relevância do livro didático para a educação brasileira, a presente pesquisa apresenta uma análise efetuada em obras didáticas aprovadas pelo PNLD de 2018 (BRASIL, 2017) para a disciplina de Física. O objetivo consistiu em avaliar como estão sendo apresentados os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) nesses materiais, evidenciando as principais potencialidades e fragilidades de cada obra.

A pesquisa trata-se de uma análise de conteúdo, partindo de uma abordagem qualitativa e tipologia documental. A estruturação da presente pesquisa está organizada da seguinte forma: inicialmente apresenta-se uma sucinta revisão de literatura sobre a relevância da FMC no Ensino Médio, com o objetivo de contextualizar a pesquisa. No tópico seguinte são descritos os procedimentos metodológicos, e na sequência, são divulgados os resultados alcançados e é aberta uma discussão sobre eles. Por fim, no encerramento estão apresentadas as considerações finais.

A RELEVÂNCIA DO ESTUDO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

A evolução da Física é dividida em três grandes etapas: a Física Clássica, que compreende os trabalhos desenvolvidos por Copérnico, Galileu e Newton, até a teoria clássica sobre o eletromagnetismo, no fim do século 19; a Física Moderna com o conjunto de teorias surgidas a partir do início século 20, com os trabalhos de Planck a respeito da Mecânica Quântica, que estuda os fenômenos físicos da matéria em escala atômica, e os de Einstein sobre a teoria da relatividade, que busca explicar os fenômenos em escalas astronômicas, envolvendo grandes quantidades de energia e massa; por fim a Física Contemporânea, que tem suas origens a partir do final da Segunda Guerra Mundial com o principal campo de estudo as partículas subatômicas (DOMINGUINI, 2010). Nesta pesquisa enfocou-se a abreviatura FMC para evidenciar os trabalhos realizados a partir do século 20.

A FMC no Ensino Médio é uma temática de notória relevância entre pesquisadores da área de Educação em Ciências/Física. Desde 1980 a temática começou a ser abordada, e a partir de então, pôde-se observar diversos trabalhos dentro dessa linha de pesquisa, tornando-a um objeto de estudo consolidado. As pesquisas desta temática concentravam-se em justificar a relevância do ensino de FMC na Educação Básica e cobravam documentos oficiais que incluíssem tais conteúdos no Ensino Médio (SILVA; ARENGHI; LINO, 2013).

Ainda não se observa, todavia, a discussão dos conteúdos tão amplamente difundida em sala de aula, por isso atualmente a literatura sobre o ensino da Física vem ratificando a necessidade de trabalhar com a FMC no Ensino Médio, visto que o ensino da Física e os livros didáticos não têm acompanhado os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas e têm se mostrado cada vez mais distantes da realidade dos alunos (BUSATTO *et al.*, 2018).

A velocidade das informações tem aumentado significativamente com o início da era digital e com isso, o conhecimento se amplificou, o que era acessível apenas por livros, rádios e televisão, hoje é disponível com poucos cliques em computadores e dispositivos móveis (BUSATTO *et al.*, 2018). A Física age como Ciência transversalizadora, constituindo um dos mais claros exemplos da construção de conhecimento humano. Assim, nada mais natural que pensar na democratização do conhecimento e na acessibilidade de todo cidadão a esse conhecimento.

Fica evidente, nas pesquisas de Busatto *et al.* (2018), Silva e Almeida (2011) e Ostermann e Moreira (2000), que as discussões sobre os conteúdos de FMC no Ensino Médio se fazem necessárias, mesmo que de modo conciso. Esta ideia é reforçada na Base Nacional Comum Curricular – BNCC – que indica os tópicos de FMC como um dos elementos necessários para que o indivíduo possa se posicionar de forma crítica e atuante (BRASIL, 2018). Assim sendo, cabe à escola e docentes fornecerem subsídios aos alunos para que possam acompanhar os avanços tecnológicos e serem capazes de efetuar relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, além de compreender a relevância dos conteúdos para sua formação.

Neste contexto, ressaltam-se nos trabalhos de Giacomelli (2016), Silva (2016), Biazus (2015) e Müller (2013), alguns conteúdos de FMC que deveriam ser abordados no Ensino Médio, tais como Teoria da Relatividade Geral e Restrita, Teoria Quântica, Física Nuclear, Astrofísica, entre outros, a fim de buscar a atuação crítica dos indivíduos. É fundamental que estes conteúdos sejam discutidos nos livros didáticos, pois segundo Giacomelli (2016):

Para que ocorra essa interação crítica, o cidadão precisa ter ao menos um conhecimento básico sobre as leis da natureza. Somente assim ele poderá compreender, por exemplo, as implicações de um tratamento de radioterapia, o funcionamento de sensores fotoelétricos, aparelhos de GPS e muitas outras tecnologias presentes em seu cotidiano, bem como compreender notícias sobre novas pesquisas e teorias que constantemente são veiculadas nos mais variados meios de comunicação. A teoria da relatividade restrita trata-se de um dos pilares da FM, e a compreensão de algumas das suas implicações pode ser uma forma de despertar o interesse pela Física e de estabelecer no sistema cognitivo do estudante uma nova forma de interagir com o mundo a sua volta (p. 9).

Dessa forma, discutir os mais avançados conteúdos de FMC nos livros didáticos contribui para o processo de Alfabetização Científica e Tecnológica, tendo em vista que no mundo contemporâneo esses conhecimentos, quando contextualizados socialmente, tornam-se necessários tanto para a inserção do aluno no mercado de trabalho quanto para uma melhor compreensão dos fenômenos da natureza e dos artefatos tecnológicos que estão a sua volta.

Constata-se a importância da abordagem dos conteúdos de FMC no Ensino Médio, assim como a contribuição dessa área para o desenvolvimento tecnológico e científico contemporâneo. Partindo dessa premissa, passa-se a avaliar como a temática está sendo abordada nos livros didáticos aprovados pelo PNLD de 2018.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA INVESTIGAÇÃO

No desenvolvimento desta pesquisa foi utilizada a abordagem qualitativa, pois se trata de uma investigação documental, em que a metodologia de análise centralizou-se na Análise de Conteúdo tomando por referência Bardin (2011). Sobre a pesquisa qualitativa, Flick (2009) afirma que surge da construção social do que se investiga, interessa-se em compreender os sujeitos, suas ações diárias e o conhecimento relativo ao estudo em questão, detalha e descreve informações de pessoas, situações e processos.

O documento investigado são três livros didáticos de Física do Ensino Médio aprovados pelo PNLD de 2018 (BRASIL, 2017), escolhidos por escolas públicas estaduais de São Luís – Maranhão. O foco de análise são os livros didáticos do aluno. Cabe ressaltar que o PNLD de 2018 (BRASIL, 2017) indica 12 obras para o componente curricular de Física, mas compuseram o *corpus* desta pesquisa apenas 3 obras.

A escolha das obras deu-se, em primeiro lugar, por terem sido aprovadas pelo PNLD de 2018 a 2020 (BRASIL, 2017) e pela facilidade de acessá-las no formato físico, visto que são obras atualizadas e vigentes nas escolas públicas brasileiras.

Para a aquisição dos livros didáticos, primeiramente realizou-se um levantamento da organização das escolas estaduais do município de São Luís, que atendem alunos do Ensino Médio. Essa organização é realizada pela Unidade Regional de Educação (URE), que possui um total de 19 regionais, com a unidade de São Luís sendo a 17ª. O município de São Luís é composto por 12 polos, cada polo agrega uma quantidade de escolas situadas por áreas. Dessa forma, selecionamos o polo XI, que conta com um quantitativo de 11 escolas localizadas na região Central de São Luís, sendo 10 de Ensino Regular e 1 da Educação de Jovens e Adultos (EJA), entretanto nem todas as escolas fizeram parte desta pesquisa.

Entre as escolas que compõem o polo XI, fizeram parte da pesquisa o Centro de Ensino Liceu Maranhense (Liceu), Centro de Ensino João Francisco Lisboa (Cejol) e Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (Iema). A escolha das três instituições de ensino básico justifica-se por serem escolas com valores históricos, ou seja, possuem uma tradição, e que comporta um quantitativo significativo de alunos. Estão localizadas próximas da Universidade Federal do Maranhão (Ufma), são receptivas para realização de pesquisas e projetos, e além disso, alguns professores da disciplina de

Física fazem ou fizeram parte de Programas de Pós-Graduação da Ufma, o que facilitou o processo do contato e disponibilização do material para análise.

Os livros analisados estão organizados em unidades e capítulos. Cada livro se diferencia em sua organização, possuindo quantidade de unidades e capítulos diferentes. Esta pesquisa restringiu-se apenas a uma unidade de cada obra, que corresponde aos conteúdos de FMC. As obras analisadas são apresentadas no Quadro 1, localizado na seção de resultados da pesquisa.

O tratamento e análise dos dados tomaram forma a partir dos pressupostos metodológicos propostos por Bardin (2011), que consiste na descrição dos conteúdos presentes em mensagens por meio de procedimentos sistêmicos; além disso, fornece indicadores que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e recepção dessas mensagens. A Análise de Conteúdo de Bardin (2011, p. 50) “procura conhecer aquilo que está por trás das palavras sobre as quais se debruça”.

Bardin (2011) prevê três etapas fundamentais: a pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. Na última etapa ocorrem as interpretações inferenciais, este é o momento da intuição e da análise crítica e reflexiva. A Análise de Conteúdo foi realizada em duas etapas, a primeira consistiu na descrição dos conteúdos de FMC, quando ampliou-se a discussão sobre a relevância desta temática para a formação de cidadãos críticos e reflexivos. A segunda etapa analisou o corpo teórico dos conteúdos, em que se procurou avaliar os critérios de investigação com suas respectivas características.

Para a interpretação das mensagens retiraram-se trechos que fazem alusão aos critérios investigados. Nesse exercício, os materiais foram classificados nos termos excelente, bom e regular. A intenção desta análise foi evidenciar as principais potencialidades e fragilidades de cada obra. Os critérios e as características investigadas nas obras didáticas podem ser observados no Quadro 2, localizado na seção de resultados da pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados inicia-se pela descrição dos conteúdos de FMC presentes nos livros didáticos analisados. A intenção desta descrição é discutir a relevância dos conteúdos na formação científica e cidadã do aluno, além de evidenciar suas contribuições para o desenvolvimento tecnológico e científico contemporâneo.

Após a descrição apresenta-se a análise do corpo teórico dos conteúdos. Nesta fase cabe ressaltar que a compreensão dos conceitos modernos da Física é de extrema relevância na formação de sujeitos críticos e reflexivos. O Quadro 1 revela como estão estruturados tais conteúdos nas obras didáticas aprovadas no PNLD de 2018 (BRASIL, 2017).

Quadro 1 – Organização dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea nos livros didáticos do PNLD de 2018

L1	TORRES <i>et al.</i> , 2016	UNIDADE 2
CAPÍTULOS		
Capítulo 5. Relatividade Especial 1. A Física antes de 1900. 2. Relatividade de Einstein. 3. Adição de velocidades. 4. Energia relativística. 5. Noções de relatividade geral.		
Capítulo 6. Física Quântica 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.		
Capítulo 7. Física Nuclear 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.		
Capítulo 8. Tecnologias das Comunicações 1. Introdução. 2. Telégrafo. 3. Telefone. 4. Rádio. 5. Televisão. 6. Computador. 7. Telefonia Móvel celular.		
L2	YAMAMOTO; FUKU, 2016	UNIDADE 4
CAPÍTULOS		
Capítulo 17. Teorias da Relatividade 1. Referências e simultaneidade. 2. Transformações e invariantes. 3. A ideia de tempo. 4. Postulados da Teoria da Relatividade Especial. 5. A massa relativística. 6. A energia relativística. 7. A relatividade geral.		
Capítulo 18. Teoria Quântica 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.		
Capítulo 19. Física Nuclear 1. O átomo, até a década de 1950. 2. A radioatividade e os processos nucleares. 3. As partículas do modelo padrão meia-vida. 4. A datação por isótopos. 5. Radiações ionizantes.		
L3	GASPAR, 2017	UNIDADE 4
CAPÍTULOS		
Capítulo 12. Relatividade 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.		
Capítulo 13. Origens da Física Quântica 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.		
Capítulo 14. A nova Física 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.		

Fonte: Elaborado pelas autoras.

De acordo com o Quadro 1, percebe-se que todos os livros abordam conteúdos de FMC, no entanto se diferenciam na forma de organização. Observa-se também que todos os livros abordam assuntos relacionados a dois temas centrais: a Teoria da Relatividade e a Física Quântica. Isso se explica devido à notoriedade dos impactos que esses conhecimentos vêm produzindo na sociedade e da popularidade adquirida por Albert Einstein no início do século 20.

Algumas peculiaridades dos livros didáticos destacam-se no Quadro 1, notando-se-se que a obra de Torres *et al.* (2016) é a única que apresenta uma introdução à nanotecnologia, temática até há pouco tempo inexplorada na Educação Básica, mas com aplicações que se fundamentam de conhecimentos de diversas Ciências e os aplica a diversos setores de mercado. Seu campo de atuação é vasto e apresenta características inovadoras, revelando-se um campo de estudo multidisciplinar e significativo em nossa sociedade. Seu estudo no Ensino Médio é necessário para que o aluno compreenda a Ciência como produto humano que contribui para melhor compreensão das tecnologias existentes em nosso cotidiano.

A obra de Torres *et al.* (2016) apresenta um capítulo destinado a tecnologias das comunicações, destacando seções que discutem sua evolução, desde a eletricidade passando por invenções como telégrafo, telefone, rádio, televisão, computador, telefonia móvel e Internet. A evolução tecnológica promove mudanças e reflexos em vários setores da sociedade, na economia, cultura e educação.

As telecomunicações estão consolidando-se rapidamente e ao mesmo tempo, as pessoas usufruem das inovações tecnológicas, sendo assunto de interesse para o desenvolvimento de pesquisas, principalmente sobre os efeitos da nova mídia. Por isso, é fundamental que o aluno do Ensino Médio conheça a história do avanço da comunicação, visto que vivemos em um mundo globalizante e as telecomunicações a cada dia interferem mais no convívio familiar.

A obra de Yamamoto e Fuke (2016) apresenta uma organização de capítulos e escopo teórico semelhante à obra de Torres *et al.* (2016), entretanto o que os diferencia é a falta do conteúdo nanotecnologia e do capítulo destinado às tecnologias de comunicação. Os temas ausentes na obra de Yamamoto e Fuke (2016) chamam a atenção, pois atualmente a aplicação dos conhecimentos da ciência e tecnologia tem exercido um papel impactante em diferentes aspectos da vida do homem. Isso impõe uma participação intensa e vigilante do campo educacional sobre o uso dessas aplicações na sociedade. Discutir os mais avançados conhecimentos advindos das ciências nos livros didáticos contribui para a formação ética, para o desenvolvimento intelectual e crítico, além do desenvolvimento do pensamento reflexivo sobre o conhecimento científico dos conteúdos.

Observa-se na obra de Gaspar (2017) a ausência dos conteúdos efeito fotoelétrico e nanotecnologia, ambos destinados aos conteúdos da Mecânica Quântica. Alguns objetos que se fundamentam nos conceitos do efeito fotoelétrico estão presentes no dia a dia do aluno, por exemplo, as televisões (de LCD e plasma), os painéis solares, as iluminações urbanas, os sistemas de alarmes, as portas automáticas, aparelhos de controle remoto, entre outros.

Dessa forma, é primordial que o aluno compreenda a Física por trás das inúmeras tecnologias presentes na sociedade. A falta da abordagem destes conteúdos no livro didático poderá dificultar o entendimento público de que a investigação científica não é neutra e de que o desenvolvimento tecnológico não é inerente ao progresso.

Outro fato que pode ser observado na obra de Gaspar (2017) é a inexistência da temática Física Nuclear e da construção histórica das telecomunicações. Ambas as temáticas não inferem na qualidade da obra, mas poderão dificultar o processo de Alfabetização Científica e Tecnológica.

A BNCC reporta à necessidade de inserir no Ensino Médio assuntos relacionados à Física Nuclear, neste caso, identifica-se a temática como uma das unidades curriculares que envolvem matéria, radiações e suas interações e constituição. A inclusão dessa temática no Ensino Médio e nos livros didáticos permite formar cidadãos críticos e atuantes na sociedade moderna, além de beneficiar a compreensão do universo, da matéria e da natureza (BRASIL, 2018).

Com o avanço da ciência moderna a sociedade encontra-se imersa em uma realidade de inovações tecnológicas, com isso, torna-se significativa a importância do debate acerca da influência da ciência e tecnologia sobre a vida da sociedade. Afinal, a construção da sociedade contemporânea está alicerçada nos conhecimentos produzidos pelos estudos de FMC (DARROZ; ROSA; SILVA, 2017).

A segunda fase da pesquisa consiste na apresentação da análise dos critérios que foram investigados no corpo teórico dos conteúdos, destacando as potencialidades e fraquezas. O Quadro 2 sintetiza as informações dos resultados obtidos desta análise, os materiais foram classificados nos termos excelente, bom e regular.

Quadro 2 – Resultado da análise dos critérios de investigação

DESCRIÇÃO DOS CRITÉRIOS	TORRES <i>et al.</i> , 2016	YAMAMOTO; FUKU, 2016	GASPAR, 2017
Clareza e coerência. Apresenta os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea de forma clara, objetiva e com vocabulário atualizado.	BOM	REGULAR	BOM
Interdisciplinaridade. Integra os conteúdos às diferentes ciências, buscando evidenciar o trabalho coletivo e permitir uma maior contextualização dos conhecimentos disciplinares, a fim de que ganhe significado real para o aluno.	BOM	BOM	BOM
Dimensão social dos conteúdos. Apresenta relações entre os conteúdos e questões sociais atuais, promovendo discussão ou reflexão.	BOM	BOM	REGULAR

Fonte: Elaborado pelas autoras.

De acordo com a síntese dos resultados apresentados no Quadro 2, percebe-se que o critério clareza e coerência foi contemplado de forma satisfatória na obra de Torres *et al.* (2016) e Gaspar (2017). Isto é, nessas obras os conteúdos são escritos em linguagem simples e de fácil compreensão, abordando o conhecimento científico de forma clara e objetiva. Na obra de Yamamoto e Fuke (2016), no entanto, este critério foi

regular, pois em alguns capítulos a linguagem do texto ficou confusa, deixando lacunas que podem dificultar a compreensão do aluno, por exemplo, de que a ciência não é neutra. Como pode ser evidenciado no trecho transcrito a seguir do capítulo Física Nuclear.

A radioatividade é um grande exemplo para esse fato: o conhecimento científico dessa propriedade por si só não fere, não agride, não traz benefícios nem malefícios, logo não há por que imaginar que seu estudo deva ser criticado ou proibido; sua aplicação, no entanto, traz consequências que podem mudar a vida de todo o planeta, e isso, sim, deve ser pensado, questionado e debatido (YAMAMOTO; FUKU, 2016, p. 262).

Percebe-se que os autores consideram a ciência neutra. Essa confiança quase inabalável no conhecimento científico desfavorece o desenvolvimento do senso crítico dos alunos da Educação Básica e corrobora a imparcialidade e neutralidade racional da ciência. A ideia de ciência neutra deve ser desconstruída para que se favoreça uma visão de ciência construída socialmente, mutável e passível de erros, permitindo problematizar a neutralidade do saber científico.

No critério interdisciplinaridade observa-se que todas as obras didáticas apresentam de forma satisfatória o critério investigado. A abordagem interdisciplinar na Educação Básica cria expectativas de que tenhamos a formação de cidadãos com uma leitura de mundo mais ampliada, capaz de resolver problemas por meio da utilização de múltiplos conhecimentos. Nessa perspectiva, as obras analisadas fomentam a ideia compreendida neste critério. Para exemplificar esta afirmação transcreve-se, na sequência, um trecho da obra de Yamamoto e Fuku (2016) retirado do capítulo Teorias da Relatividade.

[...] A teoria da relatividade especial é o resultado do trabalho de cientistas, físicos, matemáticos, filósofos – que, trabalhando em áreas aparentemente desconexas como a mecânica e o eletromagnetismo, levantaram singularidades que não podemos perceber em nosso cotidiano, mas mudaram completamente a maneira como entendemos o espaço e o tempo (2016, p. 232).

Nesse sentido, a interdisciplinaridade não tem a intenção de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um determinado problema ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista, assim como explicam Yamamoto e Fuku (2016) sobre a contribuição de várias ciências no estudo da Teoria da Relatividade.

No mesmo contexto, a obra de Torres *et al.* (2016) integra o conhecimento científico de alguns conteúdos a duas disciplinas ou mais, nesse caso, utilizam a interdisciplinaridade como forma de integralizar esses conhecimentos, transformando-os em um só. Essa forma de abordagem conduz o aluno a perceber que esses conhecimentos fazem parte de um todo e que precisa ser trabalhado de maneira a envolver as demais áreas e não de forma linear.

Exemplificando o que foi mencionado, recortou-se um trecho do capítulo Física Quântica em que apresentam campos de atuação da nanotecnologia.

No campo da Tecnologia da Informação, os computadores quânticos ainda estão em escala de laboratório. A computação por DNA ainda está em desenvolvimento; suas potencialidades estão sendo pouco a pouco descobertas; em breve ela mudará radicalmente os conceitos e os processos no tratamento dos dados e das informações. Muitos cientistas da área de computação afirmam que os *microchips* de silício brevemente não poderão ser miniaturizados além do que já se faz; é o limiar da Microeletrônica. Portanto, a computação molecular por DNA está abrindo um novo universo para a informática. Em um centímetro cúbico de DNA pode-se armazenar mais informações do que hoje se consegue em um trilhão de DVDs (TORRES *et al.*, 2016, p. 229).

Observa-se que os autores apresentam os computadores quânticos como aplicação da nanotecnologia no campo da Tecnologia da Informação. Evidenciam a ligação maior da Física com outras áreas, como a Microeletrônica, que estuda os processos físico-químicos de fabricação de circuitos integrados e o estudo do DNA e da biologia molecular. A abordagem leva o aluno a compreender o mundo e suas tecnologias, além de desenvolver o processo de investigação científica. Ficou evidente a articulação do conhecimento físico com o conhecimento de outras áreas do saber científico.

Na mesma perspectiva, também foi possível identificar na obra de Gaspar (2017) o critério interdisciplinaridade. Destaca-se o capítulo referente a Origens da Física Quântica, em que se identificou a contribuição dos estudos da Física e da Química no tópico descargas em tubos com gases rarefeitos e espectroscopia, como pode ser observado no trecho a seguir.

Apesar de a espectroscopia ter tido um grande desenvolvimento durante a segunda metade do século XIX e o início do século XX, físicos e químicos enfrentavam o constrangimento de não serem capazes de dar nenhuma explicação para esses misteriosos valores de comprimento de onda ou frequência em que a luz se dispersava. Mas não eram apenas os espectros de elementos químicos que desafiavam a compreensão dos cientistas da época; a variação da forma dos espectros também era inexplicável: a radiação emitida por corpos aquecidos não apresenta linhas, é contínua (GASPAR, 2017, p. 235).

Nota-se que a abordagem adotada pelo autor leva o aluno a compreender que a Ciência é fruto de uma construção histórica e interdisciplinar. As competências da Física precisam ser construídas em articulação com competências de outras áreas, para carregar outros conhecimentos e ganhar mais sentido quando trabalhadas de forma integrada, assim como exemplifica o trecho transcrito, no qual nota-se as dificuldades e dúvidas de físicos e químicos na explicação dos valores de comprimento de onda ou frequência em que a luz se dispersava.

Nesse trecho também é possível notar no fenômeno da espectroscopia as características de cada ciência e as relações entre os conhecimentos científicos de cada área. Essa conexão entre disciplinas permite que o aluno adquira uma visão mais articulada do fenômeno, além de evidenciar que a interdisciplinaridade transpõe os limites da disciplina, estabelecendo uma relação entre ciência e a realidade do aluno. Nessa vertente, é importante ressaltar que a interdisciplinaridade não está no professor, tampouco no livro didático.

No critério dimensão social dos conteúdos apenas duas obras conseguem contemplar satisfatoriamente a característica deste critério, a de Torres *et al.* (2016) e Yamamoto e Fuke (2016). Destaca-se na obra de Torres *et al.* (2016) o conteúdo dualidade onda-partícula. O trecho retirado do capítulo Física Quântica evidencia uma explicação conceitual interessante, tentando elucidar a interpretação da natureza dual da luz:

A teoria do efeito fotoelétrico de Albert Einstein é uma forte evidência em favor da ideia dos fótons ou partículas de luz. Esse fenômeno nos mostra que a luz de frequência f , quando interage com a matéria, o faz como se fosse constituída por partículas com energia $E = h \cdot f$. Entretanto, a difração e a interferência só podem ser explicadas considerando a luz uma onda. Essa aparente dualidade onda-partícula levanta uma questão crucial: “*Afinal, a luz é onda ou partícula?*”.

Se, por um lado, somente o modelo de fótons explica adequadamente o efeito fotoelétrico, por outro somente o modelo ondulatório explica a difração e a interferência. *Então, qual modelo é correto?* A resposta é simples, mas incômoda. Devemos aceitar ambos os modelos. [grifos nossos] (TORRES *et al.*, 2016, p. 219).

Os questionamentos levantados por Torres *et al.* (2016) sobre a natureza dual da luz abrem espaço para o docente trabalhar a natureza da Ciência como constructo histórico-social, tendo em vista que é um debate de outrora e que até hoje traz implicações conceituais polêmicas. A realidade da luz traz uma reflexão sobre os fatores sociais e culturais e como podem influenciar a forma de ver e compreender a natureza. Dessa forma, a dualidade onda-partícula evidencia as diversas etapas elencadas no processo de construção do conhecimento científico.

No capítulo que discute os conteúdos de Física Nuclear Torres *et al.* (2016) fomentam o pensamento crítico, possibilitando que o docente desenvolva trabalhos problematizados, por exemplo, a discussão do tópico rejeito radioativo.

Um dos maiores problemas do uso pacífico da energia nuclear são os rejeitos tóxicos do processo, denominados rejeito radioativo ou lixo nuclear. O rejeito radioativo pode ser gerado de várias maneiras: nos núcleos dos reatores atômicos, por contaminação radioativa ou como subprodutos da extração, purificação e enriquecimento do urânio. Dois fatores devem ser levados em conta no trato com o rejeito radioativo: o nível de atividade radioativa e o volume ocupado. O rejeito dos reatores ocupa pouco espaço, porém tem alto nível de radiação; o da mineração do urânio é de baixa atividade, mas ocupa grandes volumes. O processo de mineração e separação do urânico produz minério puro, mas deixa sobras que contêm alguns núcleos radioativos e, geralmente, com meias-vidas longas (TORRES *et al.*, 2016, p. 245).

O trecho possibilita discussões envolvendo conceitos científicos e tecnológicos aplicados a questões ambientais, políticas, econômicas e éticas, bem como reflexão sobre os impactos dos rejeitos radioativos na sociedade contemporânea. Além disso, permite que o docente trabalhe o tema de forma diferente, explorando os efeitos na natureza e mostrando as implicações no corpo humano, relatando o alto tempo de vida ativa do material radioativo.

Na mesma vertente, outra passagem alicerça o pensamento crítico, discutindo aplicações tecnológicas relacionadas a temática da radioatividade, especificamente na Medicina.

Uma das principais tarefas da Medicina é aprender como tratar os mais diferentes tipos de doença, como o câncer, para que pacientes possam viver melhor e por mais tempo. Tratamentos com raios X e raios gama, em conjunto com a quimioterapia, são largamente usados, assim como a utilização de métodos baseados nos efeitos radioativos, com feixes de nêutrons, prótons e píons. A grande questão é planejar um tratamento radioterápico no qual a radiação destrua a maior parte dos tecidos doentes sem comprometer os tecidos saudáveis... (TORRES *et al.*, 2016, p. 241).

O texto extraído fomenta discussões interessantes para tecer análises dos prós e contras de um investimento científico e tecnológico utilizado para diagnosticar e combater doenças. O conjunto dos textos que retratam a radioatividade, se trabalhados de forma ampla, pode trazer à tona discussões sobre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

Nessa perspectiva, o docente pode explorar aspectos positivos e negativos da manipulação da radioatividade, por exemplo, a radiação solar e até mesmo o bronzeamento artificial feito por clínicas e estéticas. A discussão sobre a prática do banho de sol deve ser explorada no livro didático, visto que preza por uma reflexão crítica do conhecimento científico, além de possuir informações de alto valor para a saúde pública.

A obra de Yamamoto e Fuke (2016) apresenta alguns capítulos que também fazem alusão ao critério dimensão social dos conteúdos, como o capítulo referente aos conteúdos da Física Nuclear. Neste capítulo identificou-se no subtópico “Irradiação de alimentos” um trecho que corresponde ao conteúdo radiações ionizantes, em que se apresentam explicações e aplicações sobre a temática, como pode ser observado.

Romper ligações implica alterar quimicamente um material. Por isso, dependendo de onde se dá a absorção de energia, a irradiação pode levar a alterações de alguns processos. A interação da radiação com a matéria pode ter várias utilidades, por exemplo, na irradiação de alimentos. Essa prática pode impedir a multiplicação de microrganismos em alguns alimentos, como carnes e vegetais, por um tempo determinado e em doses muito bem controladas; os efeitos desejados são impedir a multiplicação de microrganismos que causam a deterioração do alimento, tais como bactérias e fungos, por alterações em sua estrutura celular, e retardar a maturação de frutas, o brotamento de raízes ou a deterioração de cereais por alterações no processo fisiológico dos tecidos da planta (YAMAMOTO; FUKU, 2016, p. 276).

O trecho exemplifica a aplicação da irradiação, mas pode ser ampliado para uma perspectiva crítica, pois é um tópico de interesse social, tendo em vista que os autores apresentaram aspectos fundamentais da irradiação de alimentos, como doses aceitáveis e efeitos da irradiação aguda.

Dessa forma, é primordial que o docente compreenda que a dimensão crítica parte de questões problematizadas. Nessa perspectiva, o subtópico “Irradiação de alimentos” permite que o docente amplie as discussões em sala de aula, desenvolvendo o lado questionador e crítico do aluno sobre assuntos técnicos e científicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, os resultados demonstraram que as obras de Torres *et al.* (2016) e de Gaspar (2017) adotam uma linguagem clara, coesa e acessível, buscando apresentar os conceitos da Física por meio de contextualização, sendo suficiente para alunos do Ensino Médio, além de contemplar de forma satisfatória o critério interdisciplinaridade, assim como a obra de Yamamoto e Fuke (2016). As obras didáticas sempre estabelecem ligações com outras áreas do saber, dando a impressão de que o conhecimento científico não é fechado à sua área.

Ficou evidente na obra de Gaspar (2017) uma lacuna no critério dimensão social dos conteúdos, são raros os que fomentam o pensamento crítico e possibilitam discussão e reflexão sobre os impactos sociais dos conhecimentos da área. Isso dificulta o processo de Alfabetização Científica e Tecnológica, sendo que um dos principais objetivos do Ensino de Física é formar cidadãos que possam desenvolver competências e habilidades, capacitando-os ao pleno exercício da cidadania.

Vale ressaltar que apesar de as obras de Torres *et al.* (2016) e de Yamamoto e Fuke (2016) apresentarem o critério dimensão social dos conteúdos, faz-se necessário ampliar essas discussões, tendo em vista que as indagações sobre esta temática são merecedoras de análises mais profundas. Principalmente a obra de Yamamoto e Fuke (2016), que apresenta de forma superficial poucos conteúdos de FMC que evidenciam os aspectos culturais, sociais ou históricos.

Por fim, as discussões e informações levantadas nesta pesquisa levam à conclusão de que as obras didáticas analisadas podem ser consideradas boas ferramentas para o processo de ensino de Física, apesar de algumas obras não conterem todos os tópicos de FMC relevantes para formação científica e cidadã do aluno.

É preciso, contudo, que os professores ao escolherem o livro didático que será utilizado em sala de aula atentem para a relevância dos conteúdos de FMC, visando a trabalhar aspectos críticos dos conteúdos, não os restringindo apenas ao conceito científico da Física e que estejam preparados para suprir as falhas dos livros didáticos, buscando subsídios em outros recursos pedagógicos além do livro didático, como textos científicos, notícias de jornais e revistas.

REFERÊNCIAS

- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. 2. ed. São Paulo. 2011. 279 p.
- BASSO, Lucimara Del Pozzo; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Organização e realização do processo de escolha de livros didáticos em escolas de educação básica. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 9, n. 3, p. 256-276, 2015.
- 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 em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Guia digital do PNLD 2018: Física* – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Secretaria de Educação Básica – SEB, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Secretaria da Educação Básica: etapa do Ensino Médio. Brasília, DF: SEB, homologada em 2018.
- BUSATTO, Cassiano Zolet *et al.* O ensino de física moderna e contemporânea na educação básica: conteúdos trabalhados pelos docentes. *Revista Ciatec*, UPF, v. 10, n. 1, p. 104-115, 2018.

CHEVALLARD, Yves. *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage Éditions, 1991.

DARROZ, Luiz Marcelo; ROSA, Cleice Teresinha Werner; SILVA, Júpiter Cirilo da. Análise da abordagem de Física Nuclear nos livros didáticos de Física. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, v. 7, n. 3, 2017.

DOMINGUINI, Lucas. *O conteúdo física moderna nos livros didáticos do PNLEM*. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.

FLICK, Uwe. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3. ed. Porto Alegre, RS: Editora Artmed, 2009.

GASPAR, Alberto. *Compreendendo a física: eletromagnetismo e física moderna*. 3. ed. São Paulo: Editora Ática, 2017.

GIACOMELLI, Alisson C. *Teoria da relatividade: uma proposta didática para o Ensino Médio*. 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2016.

MÜLLER, Alexei M. O ensino de fundamentos de astronomia e astrofísica na modalidade a distância para alunos de Graduação. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa física moderna e contemporânea no Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

RIBEIRO, Ruth Marina Lemos; MARTINS, Isabel. O potencial das narrativas como recurso para o ensino de ciências: uma análise em livros didáticos de física. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 3, p. 293-309, 2017.

SILVA, Júpiter C. da R. *Análise da abordagem da física nuclear nos livros didáticos de física*. 2016. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Física Licenciatura) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2016.

SILVA, André Coelho da; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Física quântica no Ensino Médio: o que dizem as pesquisas. *Caderno Brasileiro de Ensino em Física*, v. 28, n. 3, p. 624-652, 2011.

SILVA, João Ricardo Neves da; ARENGHI, Luiz Eduardo Birello.; LINO, Alex. Por que inserir física moderna e contemporânea no Ensino Médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 6, n. 1, p. 69-83, 2013.

TORRES, Carlos Magno A et al. *Física, ciência e tecnologia: eletromagnetismo, física moderna*. 4. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2016.

VIEIRA, Edimara Fernandes; CAMARGO, Sérgio. Livro didático no ensino de física: desafios e potencialidades. CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – EDUCERE, 11., 2013. Curitiba, 2013.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. *Física para o Ensino Médio: eletricidade e física moderna*. 4. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2016.

ZAMBON, Luciana Bagolin; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Livros didáticos de física e sua (sub) utilização no Ensino Médio. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, e2668, 2017.

Todo conteúdo da Revista Contexto & Educação está
sob Licença Creative Commons CC – By 4.0