

ANÁLISE DA ABORDAGEM DE FÍSICA NUCLEAR NOS LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA

ANALYSIS OF THE NUCLEAR PHYSICS APPROACH IN PHYSICS TEXTBOOKS

Luiz Marcelo Darroz¹

Cleci Teresinha Werner da Rosa²

Júpiter Cirilo da Silva³

Resumo

Apresentam-se, neste trabalho, os resultados de uma análise efetuada nas obras indicadas pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) – 2015 para a disciplina de Física, com o objetivo de identificar como o tema Física Nuclear tem sido contemplado e estruturado nesses materiais. Compuseram o *corpus* desta pesquisa as dez obras utilizadas pelas instituições públicas de Ensino Médio da região de Passo Fundo/RS. Como critério de análise, adotaram-se as categorias elaboradas por Souza e Germano (2009) para a área, que procuram evidenciar se os textos apresentam os conceitos de forma clara e coerente, com exemplos de aplicações, com característica social dos conteúdos e dos aspectos epistemológicos da construção da ciência, além de enfoque na interdisciplinaridade, despertando o estímulo para o prazer em conhecer. Os resultados indicam que, embora exista uma disparidade entre os livros analisados, essas obras podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos relacionados ao tópico investigado.

Palavras-chave: Física Nuclear. Livro didático. Ensino de Física.

Abstract

This work presents the results of an analysis performed on the works recommended by the Brazilian Textbook Program (PNLD) of 2015 for Physics class, aiming to identify how Nuclear Physics has been contemplated and structured in these materials. The research *corpus* included the ten works used by public high school institutions in the region of Passo Fundo, RS, Brazil. As analysis criteria, the categories created for the area by Souza and Germano (2009) were adopted, which sought to prove whether the texts present the concepts clearly and coherently, with examples of applications, social characteristics of content and epistemological aspects of science construction, as well as the focus on interdisciplinarity, motivating the pleasure of learning. The results indicate that, despite the differences among the books analyzed, these works may aid the teaching-learning process of the concepts related to the topic investigated.

Keywords: Nuclear Physics. Textbook. Physics Teaching.

¹ Doutor em Educação em Ciências – UFRGS. PPG em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade de Passo Fundo

² Doutora em Educação Científica e Tecnológica - UFSC. PPG em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade de Passo Fundo

³ Mestrando em Ensino de Ciências e Matemática – UPF. PPG em Ensino de Ciências e Matemática - Universidade de Passo Fundo

Introdução

A Física Nuclear (FN) é uma das áreas da Física que vem recebendo grande interesse no contexto atual. Tal destaque se relaciona a fatos históricos dos séculos XIX e XX, como a descoberta da radiação proveniente do núcleo atômico e de novos elementos radioativos que promoveram uma nova forma de ver, conviver e enfrentar o mundo; a aplicabilidade dos conhecimentos produzidos pelo estudo da FN nas áreas da medicina, indústria, agricultura e na produção de energia, que trouxeram grandes benefícios à vida do ser humano; e, também, acidentes em usinas nucleares, como o ocorrido em Chernobyl, em 1986, o acidente do Césio-137, em Goiânia, em 1987, além das corridas armamentistas em busca do aperfeiçoamento da bomba atômica, após o término da Segunda Guerra Mundial, em 1945.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) indicam para o Ensino Médio estudos relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC). Dentre os conceitos recomendados para esta área a discussão dos conhecimentos de FN busca levar à compreensão da relação existente entre as Ciências Naturais e a Sociedade, principalmente no que tange à produção de energia e bombas atômicas. Tal sugestão visa, segundo os PCN, oferecer elementos para que um indivíduo, enquanto cidadão atuante, possa criar uma postura crítica, entendendo melhor o mundo e, assim, fazer parte da sociedade em que está inserido (BRASIL, 2002). A Base Nacional Curricular Comum (BNCC), ainda em etapa de finalização, é outro documento que se reporta à necessidade de contemplar no ensino médio assuntos relacionados à FN (BRASIL, 2015). Nesse caso, identifica-se o tópico como uma das unidades curriculares que envolvem a matéria, radiações, suas interações e constituição.

Além dos documentos legais, pesquisas apontam para a necessidade e importância da temática da FN. Ostermann e Moreira (2000), por exemplo, destacam ser indispensável a inserção dos temas referentes à FMC, onde está incluído o conteúdo de Física Nuclear, no ensino médio. Para esses autores, a inclusão desses temas permite formar cidadãos críticos e atuantes na sociedade de hoje. No mesmo sentido, Machado e Nardi (2007) salientam que a inserção curricular da FMC favorece a adaptação dos alunos às tecnologias atuais, como os computadores, sistemas de geolocalização (GPS), lasers, usinas, dentre outros. Além disso, beneficia a compreensão do universo, da matéria e da natureza.

Contudo, é importante considerar que os assuntos relacionados à FN, a exemplo dos demais conteúdos, antes de chegarem à sala de aula, necessitam ser adaptados às condições sociais e cognitivas dos sujeitos (BRASIL, 1996). Tal transformação sofrida pelo conteúdo é denominada por Chevallard (1991) de “transposição didática”. Por meio desse processo, o conhecimento produzido pelos cientistas passa por transformações antes de se tornar objeto a ser

ensinado aos alunos (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005). Nesse contexto, o livro didático é um dos materiais que leva até a sala de aula os conhecimentos de maneira organizada e sistematizada, constituindo uma ferramenta didática em que o conteúdo ganha forma e estrutura, passando a fazer parte do ideário pedagógico do professor (BRASIL, 2014).

Nas palavras de Martins (2006, p. 118),

[...] a importância do livro didático no cenário da educação pode ser compreendida em termos históricos, através da relação entre este material educativo e as práticas constitutivas da escola e do ensino escolar. Esta importância é atestada, entre outros fatores, pelo debate em torno da sua função na democratização de saberes socialmente legitimados e relacionados a diferentes campos de conhecimento, pela polêmica acerca do seu papel como estruturador da atividade docente, pelos interesses econômicos em torno da sua produção e comercialização, e pelos investimentos de governos em programas de avaliação.

Reconhecendo a importância desse recurso no processo de ensinar e aprender, o governo federal lançou, em 1985, o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), que tem como objetivo a distribuição gratuita de livros didáticos e o auxílio no trabalho pedagógico dos professores. Os livros são escolhidos pelas escolas de acordo com os aspectos sociais e cognitivos de sua região e contemplam as esferas do ensino fundamental, do ensino médio e da educação de jovens e adultos (BRASIL, 2014).

Frente a esse contexto – onde os livros didáticos são ferramentas ainda muito utilizadas no cotidiano das escolas brasileiras, em que essas obras são distribuídas gratuitamente para os estudantes da educação básica da rede pública e na qual a compreensão dos conceitos de FN é de extrema importância na formação de sujeitos reflexivos, críticos e que possam interpretar corretamente os fenômenos do seu cotidiano – surge a seguinte indagação: de que forma os livros didáticos, indicados no PNLD – 2015, têm contemplado os conteúdos de FN no ensino médio?

Com o objetivo de responder a essa pergunta, realizou-se uma pesquisa qualitativa, cujos resultados são apresentados neste artigo, que se estrutura da seguinte forma: na próxima seção, é apresentada uma breve revisão de literatura, que visa contextualizar a pesquisa; na sequência, é descrita a metodologia adotada na investigação; a seguir, divulgam-se os resultados alcançados e uma discussão sobre eles; e no encerramento apresentam-se as considerações finais.

Revisão de literatura

As pesquisas referentes aos conteúdos presentes nos livros didáticos permitem perceber como essa ferramenta está sendo utilizada na educação básica, quais são os conceitos presentes nessas obras e como eles estão sendo apresentados para os estudantes. Nesse sentido, e considerando que o objetivo desta investigação é compreender como estão sendo apresentados

os temas relacionados à FN nos livros didáticos sugeridos pelo PNLD 2015, buscaram-se, na literatura especializada, trabalhos que auxiliassem na compreensão sobre a importância do estudo da FMC, em especial dos assuntos relacionados à FN no ensino médio, e o papel do livro didático no processo de ensino e aprendizagem de Física.

No que diz respeito à importância do ensino da FMC na educação básica, Terrazan (1992) considera que trabalhar com os conteúdos referentes a essa área significa estar condizente com o contexto atual. Afinal, segundo o autor, a construção da sociedade contemporânea está alicerçada nos conhecimentos produzidos pelos estudos da FMC e, assim, para que possam participar ativamente, de forma racional e interativa do meio em que estão inseridos, os estudantes precisam compreender satisfatoriamente os assuntos da atualidade. Tal concepção é compartilhada por Gil *et al.* (1987), ao salientarem que a abordagem de assuntos atuais em sala de aula contribuem para a moldagem de uma nova imagem da ciência e do trabalho científico.

Ricci e Ostermann (2002) destacam que, a partir da implantação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) e dos PCN, houve um grande crescimento da discussão de fenômenos relacionados à FMC no ensino de Física, originando uma tendência em atualizar os currículos da disciplina na educação básica. Na mesma direção, Stannard (1990) justifica a necessidade dessa atualização, com base em uma pesquisa realizada com estudantes universitários sobre o que esse grupo de sujeitos considera importante estudar durante o período do ensino médio. Os resultados encontrados pelo pesquisador evidenciam que a Relatividade Geral e Restrita, a Física de Partículas, a Teoria Quântica, a FN e a Astrofísica foram os conteúdos apontados pelos pesquisados como os mais atraentes estudados e os que apresentam maior conexão com o contexto no qual estão inseridos. Assim, além da atualização curricular, o autor sugere a produção de textos e a adoção de livros didáticos com abordagens inovadoras sobre a FMC.

Stannard (1990) e Eijkelhof *et al.* (1984) recomendam que os conteúdos relacionados à FN sejam abordados em sala de aula, a fim de que os estudantes possam ter conhecimento sobre o assunto, desenvolvendo seu senso crítico e posicionamento em relação a debates que envolvam questões sociais pertinentes à área. Para Tenório *et al.* (2015), os conteúdos da área que devem ser abordados nas salas de aula da educação básica são os relacionados a radiações atômicas, fissão e fusão nuclear, energia nuclear, física atômica, poluição radioativa, acidentes nucleares e, por fim, reações nucleares e estelares.

No entanto, a insegurança no domínio dos conteúdos, a extensão do currículo, a disponibilização de horários restritos, a exigência do cumprimento dos programas, a preparação para o vestibular e até mesmo o tamanho das turmas são fatores que, muitas vezes, dificultam a inovação curricular e a inserção dos temas referentes à FN (BROCKINGTON; PIETROCOLA,

2005). Dessa forma, muitos docentes que atuam na educação básica elaboram suas aulas, seguindo os conteúdos presentes no livro didático da área (SOUZA; GERMANO, 2009).

No entanto, Langui (2004) aponta a presença de diversos erros conceituais nos livros didáticos. Conforme Neto e Fracalanza (2003), nessas obras, existem equívocos nas articulações dos conteúdos, nos textos, nas ilustrações, nas legendas e na isenção de preconceitos socioculturais. Quanto aos conceitos relacionados à FN, Tenório et al. (2015) mencionam que, muitas vezes, os assuntos estão apresentados nos livros didáticos de maneira inconsistente e desigual. Segundo Siqueira e Pietrocola (2006), isso faz sugerir uma dificuldade no desenvolvimento dos conteúdos de FN na educação básica, pois o livro didático é um dos recursos utilizados para a transposição didática dos assuntos discutidos em sala de aula (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2006).

Analisando esses estudos, constata-se a relevância da abordagem dos conceitos de FN no ensino médio, assim como a contribuição dessa área para o desenvolvimento tecnológico e científico contemporâneo. Partindo dessas premissas, passa-se a analisar como o tema está sendo abordado nos livros didáticos indicados pelo PNL D – 2015.

A pesquisa

A pesquisa desenvolvida para o estudo apresenta natureza qualitativa, uma vez que o objeto de estudo se trata da abordagem dos conceitos de FN presentes nos livros didáticos indicados pelo PNL D – 2015. Ressalta-se, conforme observam Denzin e Lincoln (2006, p. 17), que “a pesquisa qualitativa é uma atividade situada que localiza o observador no mundo. Consiste em um conjunto de práticas materiais e interpretativas que dão visibilidade ao mundo”.

Segundo Lakatos e Marconi (2010), na pesquisa qualitativa, a coleta de informações é feita em ambiente natural, e cada informação é analisada indutivamente, de modo que o processo e seu significado sejam a prioridade da pesquisa. Assim, realidade e pesquisa conseguem se equiparar de maneira confiável, pois se considera que há uma relação entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito (ou o mundo real e o sujeito) que não tem como ser traduzida em números. A pesquisa qualitativa, portanto, não requer uso de métodos e técnicas estatísticas, na medida em que a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados se dão pelo instrumento-chave: o pesquisador. Por isso, é considerada de cunho descritivo, em que os pesquisadores tendem a fazer avaliações indutivas.

Nesse sentido, a metodologia utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa seguiu os procedimentos indicados pela Análise de Conteúdo, apresentados por Laurence Bardin (2011). Optou-se por essa metodologia, porque, segundo a autora, a análise do conteúdo é um conjunto

de instrumentos de cunho metodológico em constante aperfeiçoamento, que se aplica em diferentes contextos (conteúdos e continentes), extremamente diversificados, cuja função primordial é o desvendar crítico do que está sendo investigado (BARDIN, 2011).

Diante disso, e considerando que a pesquisa foi do tipo exploratória, inicialmente constituiu-se da organização do material que compôs o *corpus*. Este foi integrado por dez livros didáticos do componente curricular de Física (Quadro 1), adotados pelas instituições públicas de Ensino Médio da região de Passo Fundo/RS definidas pelo recorte da pesquisa. Cabe ressaltar que o PNLD indica quatorze obras para esse componente curricular, assim, a pesquisa contempla aproximadamente 70% das obras indicadas pelo programa.

Quadro 1 – Livros didáticos analisados

Livro	Referência
1	GONÇALVES, Aurélio; TOSCANO, Carlos. <i>Física – interação e tecnologia</i> . São Paulo: Leya, 2013.
2	TORRES, Carlos M. A. et al. <i>Física – ciência e tecnologia</i> . 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013.
3	ARTUSO, Alysson R.; WRUBLEWSKI, Marlon. <i>Física</i> . Curitiba: Positivo, 2013.
4	MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. <i>Física – contexto e aplicações</i> . São Paulo: Scipione, 2014.
5	BONJORNO, José R. et al. <i>Física</i> . 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.
6	VÁLIO, Adriana B. M. et al. <i>Ser protagonista – Física</i> . 2. ed. São Paulo: SM, 2013.
7	GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José R.; CARRON, Wilson. <i>Física 3</i> . São Paulo: Ática, 2014.
8	BARRETO, Benigno; SILVA, Claudio X. <i>Física – aula por aula</i> . 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.
9	BISCUOLA, Gualter J.; BÓAS, Newton V.; DOCA, Ricardo H. <i>Física 3</i> . 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.
10	GASPAR, Alberto. <i>Compreendendo a Física</i> . 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

Na sequência, realizou-se uma “leitura flutuante”, uma exploração inicial do material, buscando evidenciar se os livros selecionados abordam assuntos relacionados à FN. Segundo Bardin (2011), nessa fase são elaboradas as hipóteses e aprimorados os objetivos da pesquisa.

A seguir, procedeu-se à exploração do material, investigando de que forma estão sendo abordados os conceitos de FN nesses livros. Nessa etapa, buscou-se evidenciar, nos textos, as características presentes nas categorias de análise elaboradas por Souza e Germano (2009). Essas categorias, que para este trabalho foram consideradas *a priori* e estão especificadas no Quadro 2,

foram estruturadas, conforme os autores, a partir das ênfases educacionais da área de FMC, encontradas na literatura da área, bem como das propostas e dos critérios para exame de materiais didáticos do ensino de Ciências. Na concepção de Bardin (2006), classificar e categorizar os dados auxilia na sua interpretação, uma vez que as categorias, em geral, são formas de pensamento e refletem a realidade, sendo vistas, na perspectiva da análise do conteúdo, como rubricas ou classes que agrupam determinados elementos, reunindo características comuns.

Quadro 2 – Categorias de análise utilizadas na investigação

Item	Categorias e características
a.	Clareza e coerência: o texto apresenta o tema de forma clara, e qual a estrutura utilizada na apresentação dos conceitos físicos.
b.	Aplicações: o material discute aspectos da Física Nuclear relacionados ao cotidiano do aluno e/ou com aplicações tecnológicas e científicas da Física Nuclear, tais como: energia nuclear, esterilização de alimentos e produtos, medicina nuclear, datação radioativa e Astrofísica.
c.	Dimensão social dos conteúdos: o material apresenta relações entre os conteúdos e questões sociais atuais, tais como: a implantação da tecnologia nuclear visando ao desenvolvimento de regiões; decisões políticas que envolvem essas tecnologias ou pesquisas; questões ligadas à influência mundial de países que possuem armas nucleares e políticas que regulamentam o uso das tecnologias nucleares; a menção a acidentes nucleares e aos efeitos da tecnologia nuclear sobre o meio ambiente.
d.	Aspectos epistemológicos da construção da ciência: os textos apresentam a existência de contextualizações sobre o desenvolvimento interno da ciência, bem como sobre a relação entre esse desenvolvimento e aspectos sociais.
e.	Interdisciplinaridade: o material apresenta a interdisciplinaridade entre as diferentes ciências, sugerida tanto no enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) como nos PCN+ e nas Orientações Curriculares Nacionais (OCN), mais precisamente na forma de temas.
f.	Estímulo ao prazer em conhecer: as expressões textuais proporcionam incentivo à curiosidade, ao aprendizado e à imaginação, na tentativa de alimentar uma satisfação pessoal de compreender.
g.	Apresentação da Física como cultura: os textos identificam a percepção da Física como parte da tentativa humana de interpretar o mundo e sua articulação com outros saberes e expressões, como arte e literatura.
h.	Informações sobre a Física Nuclear no Brasil: os textos apresentam informações e/ou análises sobre a contribuição do Brasil no desenvolvimento da área, ou, ainda, sobre o potencial energético brasileiro.
i.	Orientações para aprofundamento: os materiais orientam para outras publicações e/ou sites da internet que possam ampliar a abordagem iniciada.

Fonte: Souza e Germano, 2009.

Procedendo de acordo com a descrição acima, a pesquisa aqui apresentada desenvolveu-se mediante a leitura, a análise e a categorização dos dados, proporcionando as interpretações e as conclusões expostas no próximo item.

Resultados obtidos e discussão

Buscando realizar um estudo mais aprofundado acerca dos dados obtidos nos materiais arrolados para a investigação, cada livro selecionado foi lido, individualmente, pelos três autores deste trabalho. Nesse exercício, os materiais foram classificados, dentro de cada categoria, como satisfatórios, parcialmente satisfatórios e insatisfatórios, de acordo com a forma como contemplam as características de cada uma das categorias. Após a categorização realizada por cada um dos participantes os resultados foram comparados e, quando houveram discrepâncias, uma nova análise da obra foi realizada.

O Quadro 3 apresenta os resultados das análises efetuadas para cada um dos livros. Nesse quadro, a primeira coluna indica, por meio dos números de 1 a 10, os livros avaliados, cujos dados estão apresentados no Quadro 1; a primeira linha contém as categorias de análise utilizadas na pesquisa, representadas pelas letras de “a” até “i”, cujas características estão contidas no Quadro 2; e na intersecção de cada linha/coluna, utilizou-se “S” para indicar que as características da categoria estão completamente contempladas nos textos avaliados, “PS” para indicar que os textos analisados atendem parcialmente às características das categorias e “I” para os textos que apresentam as características de cada categoria de forma superficial e/ou não as apresentam.

Quadro 3 - Resultados obtidos

Livros	Categorias								
	a	b	c	d	e	f	G	h	i
1	S	PS	PS	PS	PS	PS	I	I	PS
2	PS	PS	PS	PS	I	I	I	I	S
3	S	PS	PS	S	PS	S	S	I	PS
4	I	I	PS	I	I	I	I	PS	S
5	S	S	I	PS	I	S	I	S	S
6	S	S	I	PS	PS	I	I	PS	PS
7	PS	S	S	PS	S	S	I	PS	S
8	S	PS	PS	PS	I	PS	I	S	PS
9	PS	I	PS	I	I	I	I	I	I
10	PS	PS	I	PS	S	PS	I	I	S

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 3, percebe-se que a categoria “a” (Clareza e coerência) foi completamente contemplada em 50% das obras analisadas. Isto é, nesses livros, os capítulos destinados aos assuntos relacionados à FN são escritos com uma linguagem simples e fácil, abordando os conceitos de forma clara e objetiva, como se verifica no trecho do livro 3, que explica cada uma das radiações alfa, beta e gama:

Analisando o desvio de cada uma, a natureza das três radiações foi, então, desvendada. A radiação alfa é constituída por partículas com a mesma configuração dos núcleos de hélio, com dois prótons e dois nêutrons. A radiação beta também é constituída de partículas, que são elétrons em altas velocidades (alta energia). Já a radiação gama não é constituída de partículas massivas, mas de fótons com altas energias (ARTUSO; WRUBLEWSKI, 2013, p. 303).

Contudo, constata-se que em 40% dos livros as características da categoria “a” não foram totalmente evidenciadas. No livro 7, por exemplo, o capítulo apresenta breves explicações sobre a radiação alfa, como pode ser evidenciado no trecho transcrito abaixo, não deixando o conceito perfeitamente claro e levando a que o leitor necessite de informações adicionais para compreender o conceito abordado:

Quando o núcleo do átomo de um determinado elemento radioativo emite uma partícula alfa (2 prótons e 2 nêutrons), representada por α , o número atômico do átomo (Z) reduz 2 unidades e o número de massa (A) reduz 4 unidades. Como há alteração no número atômico, o resultado é um átomo diferente do original (GUIMARAES; PIQUEIRA; CARRON, 2014, p. 230).

Para essa mesma categoria, o texto relativo à FN contido no livro 4 se classifica como insuficiente, pois os recursos utilizados se resumem a um infográfico que aborda, especificamente, o descarte do lixo atômico pelas usinas brasileiras, elencando poucos conceitos empregados na área. Esse fato prejudica a compreensão dos conceitos pelos leitores do livro.

A categoria “b” (Aplicações) trata da apresentação, nos textos, de aplicações da FN. Conforme os dados do Quadro 3, 30% dos livros analisados apresentam a indicação de diversos exemplos de aplicações nas áreas da medicina, da indústria, da arqueologia e, também, da agricultura. Tais aplicações são evidenciadas, ainda, nos livros 5, 6 e 7, como se observa no fragmento contido no livro 7 e transcrito abaixo:

Uma das grandes aplicações da radioatividade na arqueologia é a datação de rochas, fósseis e peças antigas. No caso específico de materiais orgânicos, o método mais utilizado é a datação pelo carbono-14. Esse método, adequado para medir idades de materiais orgânicos de até dezenas de milhares de anos, foi desenvolvido pelo químico norte-americano Willard F. Libby (1908-1980) que, por esse trabalho, recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1960 (GUIMARAES; PIQUEIRA; SIQUEIRA, 2014, p. 239).

Paralelamente, 50% dos livros que compõem o *corpus* da pesquisa fazem poucas menções a aplicações da área investigada. Essas obras se restringem a apresentar uma única aplicação dos conceitos investigados, que, na maioria das vezes, corresponde ao desenvolvimento de novas formas de energia. É o que se percebe neste trecho do livro 8:

O crescimento do consumo de energia no mundo nos obriga a pensar em diferentes alternativas para obtê-las. Entre essas alternativas, o aproveitamento da energia nuclear figura como uma possibilidade de obtenção da energia elétrica a partir da energia atômica (BARRETO; SILVA, 2013, p. 301).

Em dois dos livros investigados, não se encontra indicação alguma de onde os conceitos presentes no texto podem ser aplicados. Isso leva à necessidade de o professor buscar em outras fontes subsídios para suprir essa lacuna e contemplar tal aspecto. Dessa forma, considera-se que essas obras não contemplam as características relacionadas à segunda categoria.

Na categoria “c” (Dimensões sociais do conteúdo), buscou-se identificar, no material analisado, as relações entre os conteúdos e questões sociais atuais, principalmente a implantação da tecnologia nuclear no desenvolvimento de regiões; as decisões políticas que envolvem essas tecnologias ou pesquisas; as questões ligadas à influência mundial de países que possuem armas nucleares e políticas que regulamentam o uso das tecnologias nucleares; a descrição de acidentes nucleares e os efeitos da tecnologia nuclear sobre o meio ambiente. Dos dez livros avaliados, apenas o livro 7 consegue contemplar satisfatoriamente a ideia compreendida na categoria. Nessa obra, os textos fomentam o pensamento crítico sobre os efeitos dos conhecimentos produzidos na área de FN e os impactos na sociedade contemporânea, como se identifica no trecho a seguir:

A polêmica sobre a construção de usinas nucleares está longe de uma solução. A posição dos ambientalistas é muito clara: a energia nuclear expõe a sociedade a riscos desnecessários – que, portanto, podem ser evitados –, além de exigir um alto investimento. Segundo dados da Eletronuclear, para a conclusão de Angra 3, prevista para 2013, são estimados investimentos da ordem de 7,3 bilhões de reais (GUIMARAES; PIQUEIRA; SIQUEIRA, 2014, p. 251).

No Quadro 3, a maioria (60%) das obras analisadas contempla apenas parcialmente as características da categoria, uma vez que se restringe a citar como aspectos sociais os acidentes radioativos, como os ocorridos em Chernobyl e em Goiânia, e as armas nucleares, como as bombas lançadas em Hiroshima e Nagasaki. Contudo, esses fatos históricos são somente lembrados, e não existe uma reflexão acerca de tais acontecimentos. Para exemplificar essa situação, transcreve-se, na sequência, um trecho do livro 1:

No caso do acidente radioativo de Goiânia, ocorrido em setembro de 1987, quando coletores de papel e sucata encontram sob as ruínas do Instituto Goiano de Radioterapia uma caixa de aço e chumbo contendo uma amostra de cloreto de cézio-137, o grande período de meia-vida tornou a amostra radioativa potencialmente perigosa por muito tempo (GONÇALVES; TOSCANO, 2013, p. 177).

Ainda, quanto às “dimensões sociais do conteúdo”, evidencia-se que 30% das obras não atendem às características da categoria, uma vez que a FN aparece somente em breves comentários, dispostos em textos complementares, dissociados dos textos principais, que buscam a apresentação dos conteúdos. Ou seja, o tema aparece apenas em textos de final de capítulo, ou pequenas colunas, ao longo dos textos, na condição de “curiosidades”.

No que concerne à categoria “d” (Aspectos epistemológicos da construção da ciência), que relaciona as contextualizações dos assuntos de FN ao desenvolvimento interno da ciência, bem como esse desenvolvimento aos aspectos sociais, somente um livro (10%) atende satisfatoriamente à categoria. Como exemplo, transcreve-se o fragmento a seguir, retirado do livro 3, que contextualiza o momento em que esses saberes foram produzidos e os efeitos sociais oriundos do seu desenvolvimento:

A bomba atômica lançada pelos Estados Unidos decretou o fim da Segunda Guerra Mundial e gerou grandes questionamentos sobre o desenvolvimento da Ciência gerando tecnologias militares capazes de dizimar a vida de populações inteiras. Com o propósito militar, a Ciência – em particular a Física – passou por uma grande mudança no que diz respeito à forma e aos recursos de que dispunham os cientistas para realizar suas pesquisas (ARTUSO; WRUBLEWSKI, 2013, p. 300).

Em 70% das obras avaliadas, a categoria “d” é contemplada parcialmente. Nesses materiais, mencionam-se datas e cientistas, sem atentar, contudo, aos fatos históricos ocorridos, o que leva à conclusão de que o conteúdo abordado não está contextualizado com o momento em que foi construído, como se pode perceber no trecho retirado do livro 1:

Em certas reações nucleares, há liberação de muita energia. Por essa razão, a investigação do núcleo atômico em várias partes do mundo teve grande apoio financeiro: primeiro para fabricar bombas, como as que os Estados Unidos lançaram sobre Hiroshima (com poder de destruição equivalente a 12.000 toneladas de dinamite) e Nagasaki (22.000 toneladas de dinamite), e, posteriormente, nos chamados “tempos de paz”, para construir reatores nucleares, utilizados em pesquisas e na geração de energia elétrica (GONÇALVES; TOSCANO, 2013, p. 180).

Nos demais livros, os textos não apresentam elementos suficientes para demonstrar aspectos epistemológicos da construção da ciência. Neles, existe uma abordagem muito breve, ou

se constata a inexistência dos conteúdos de forma ampla, dessa forma, classificando-se como insatisfatória para a categoria.

Quanto à categoria “e” (Interdisciplinaridade), os resultados demonstram que apenas 20% dos livros conseguem atender aos elementos que a caracterizam. Nessas obras, os textos que abordam os assuntos de FN trazem diversas ligações com conceitos de outras disciplinas, em especial, com os conceitos químicos e biológicos. É o que ocorre no livro 10, onde o texto relaciona os conteúdos de FN com o efeito estufa e, por meio dessa relação, discute como esse fenômeno afeta a vida terrestre (Biologia), como ele ocorre (Química) e qual o seu impacto na sociedade (Sociologia).

Ainda, sobre essa categoria, 30% das obras contemplam parcialmente as características elencadas. Isto é, os livros 1, 3 e 6 apresentam, nos textos, abordagens dos conteúdos com breves menções a outras áreas, mediante comentários exemplificativos sobre os efeitos e as consequências da FN, como se pode evidenciar neste trecho do livro 6:

No início do século XX, os efeitos da radiação ainda não haviam sido identificados, e muitos cientistas sofreram as consequências da exposição à radiação durante anos de pesquisa em laboratórios. Muitos deles tiveram queimaduras leves na pele, apresentaram fadiga crônica e desenvolveram câncer em diversos órgãos (VÁLIO et al., 2013, p. 261).

Os demais livros (50%) não apresentam textos que relacionam os conteúdos de FN às demais áreas do conhecimento. Nessas obras, os textos se limitam a apresentá-los sob a ótica da Física somente.

A categoria “f” (Estímulo ao prazer em conhecer) diz respeito a expressões contidas nos textos que demonstrem a promoção de incentivo à curiosidade, que levem ao aprendizado e à satisfação pessoal de compreender os assuntos abordados. Por meio das análises, identificou-se que 30% das obras atingem perfeitamente esses quesitos. Essas obras apresentam textos e/ou seções dedicadas a essa finalidade, como se verifica no fragmento abaixo, retirado do livro 5:

Temos assistido, nos últimos anos, ao nascimento de um novo paradigma da física: 90% do universo parece ser constituído de algum tipo de matéria invisível à observação, chamado matéria escura, sobre a qual ainda quase nada sabemos. A característica principal dessa forma de matéria é o fato de ela não emitir radiação eletromagnética (BONJORNIO et al., 2013, p. 276).

O Quadro 3 indica que outros três livros contemplam parcialmente as características dessa categoria. Nessas obras, os autores apresentam curiosidades relacionadas à FN em breves textos

e/ou comentários no final do capítulo. É o caso do texto sobre enriquecimento de urânio, apresentado no final de determinado capítulo do livro 8 e transcrito a seguir:

Para otimizar as reações nucleares, o urânio é enriquecido antes do seu uso nos reatores. O processo de enriquecimento consiste em aumentar o teor do isótopo do urânio natural U-235 existente na mistura natural. [...]. É preciso destacar que o teor do enriquecimento depende dos objetivos a que se destina o elemento combustível. Apenas como exemplo, no caso da fabricação das bombas nucleares esse enriquecimento deverá ser superior a 90% (BARRETO; SILVA, 2013, p. 308).

Nos demais livros, os textos relativos à FN não contemplam as características da categoria, pois descrevem os conceitos de forma teórica e técnica, portanto, sem fomentar a curiosidade, a imaginação e o incentivo em aprender mais sobre os assuntos.

A categoria “g” (Apresentação da Física como cultura) foi a menos encontrada nos livros analisados. Apenas o livro 3 mostrou uma pintura artística e um pequeno trecho de uma música relacionados aos conceitos de FN. As demais obras não estabeleceram ligação alguma entre os assuntos de FN e a arte ou a literatura.

A categoria “h” (Informações sobre a FN no Brasil) também é pouco contemplada pelos livros didáticos do PNLDD – 2015. Somente 20% das obras apresentam textos com informações ou análises sobre a contribuição do Brasil no desenvolvimento da área, ou, ainda, sobre o potencial energético brasileiro. Um desses livros é o 5, que contém o seguinte comentário:

No campo da Física Nuclear, as pesquisas desenvolvidas em vários países a partir dos anos 1950 permitiram a aplicação em diversas áreas. O Brasil, pouco tempo depois, sob responsabilidade do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, uma autarquia da Comissão Nacional de Energia Nuclear, passou a desenvolver pesquisas na área de Física Nuclear a partir da inauguração do nosso primeiro reator de pesquisa (BONJORNIO et al. 2013, p. 289).

Em 30% dos livros avaliados, as características dessa categoria são parcialmente contempladas. Neles, encontram-se citações do uso da FN no nosso país, porém não se discute o potencial energético brasileiro, e aqueles que contêm essas relações as apresentam em comentários a título de curiosidade, como evidencia o fragmento do livro 6, a seguir:

Os reatores nucleares de fissão devem ser projetados de maneira que seja possível conter a radiação, para não haver contaminação do ambiente e das pessoas no entorno, e ainda prevenir ao máximo a ocorrência de acidentes. As usinas brasileiras de Angra dos Reis (RJ) têm quatro barreiras para impedir a contaminação pelo combustível nuclear (VÁLIO et al. 2013, p. 263).

Os demais livros evidenciaram não contemplar textos com informações sobre a contribuição do Brasil no desenvolvimento da área, ou sobre o potencial energético brasileiro, classificando-se, assim, como insatisfatórios para a categoria.

Por fim, no que refere à categoria “I” (Orientações para aprofundamento), constatou-se que 40% dos livros indicam leituras complementares e *links* da *web* para aprofundamento dos estudos dos conceitos apresentados; 50% apresentam indicações de leitura; e apenas o livro 9 não traz orientações dessa natureza.

Como forma de ampliar a pesquisa, identificou-se, mediante o cruzamento dos dados do Quadro 3, que 70% das obras analisadas contemplam, satisfatoriamente, ou de forma parcialmente satisfatória, 70% ou mais das categorias estabelecidas. Desses livros, destacam-se: a obra de Guimarães, Piqueira e Carron (2014), intitulada Física 3, com 50% das categorias completamente atendidas e 30% parcialmente atendidas; a obra de Artuso e Wrublewski (2013), Física, que atende satisfatoriamente a 40% das categorias e de forma parcialmente satisfatória a mais de 40% delas; e a obra de Bonjorno (2013), Física, que apresenta conceito satisfatório em 50% e parcialmente satisfatório em mais 10% das categorias.

Considerações Finais

Tendo em vista que a FN é uma área relativamente nova da Física, é compreensível que sua abordagem no ensino médio seja um tanto inconsistente. Contudo, verifica-se que esse quadro está mudando, devido ao crescimento das pesquisas realizadas na área, assim como se percebe que um grande rol de conhecimentos vem sendo produzido nos últimos tempos. Nesse contexto, uma importante ferramenta que pode auxiliar na disseminação desses conhecimentos e na promoção da compreensão dos assuntos da área é a utilização do livro didático no processo de ensino e aprendizagem. Assim, este trabalho visou avaliar como estão sendo apresentados os conteúdos e/ou conceitos de FN nas obras de Física indicadas pelo PNLD, com o intuito de apresentar as principais potencialidades e fraquezas de cada obra, para que os professores desse nível de ensino possam organizar e estruturar suas ações.

Nesse sentido, os resultados demonstram que a maioria das obras analisadas adota uma linguagem clara, coesa e acessível o suficiente para os estudantes de nível médio na apresentação dos conceitos relacionados com a FN. Porém, esses textos nem sempre apresentam situações que buscam contextualizar os conteúdos, analisar os impactos sociais dos conhecimentos da área e a forma de construção desses conhecimentos. Também, observa-se que poucas vezes são abordadas situações que evidenciam a implantação tecnológica em prol do desenvolvimento das

regiões brasileiras e os efeitos da tecnologia nuclear sobre o meio ambiente nessas mesmas regiões.

Outros elementos que podem ser considerados deficientes, nas obras avaliadas, dizem respeito à interdisciplinaridade e à ligação dos assuntos de FN com as aplicabilidades de fenômenos de outras áreas. Quanto à interdisciplinaridade, identificou-se que as obras nem sempre estabelecem ligações com outras áreas do saber, podendo dar a impressão de que o conhecimento relacionado à FN é fechado na sua área. Ainda, constatou-se que, especialmente, a relação da FN com a arte e a literatura não é estabelecida. Apenas um dentre os dez livros analisados menciona essa relação. Além disso, foi evidenciada, nos livros, uma grande lacuna em termos de exemplos do uso dos conhecimentos da área para o avanço da inovação tecnológica e para a criação de energia.

Por fim, os resultados encontrados levam à conclusão de que existe uma disparidade entre os conceitos de FN contidos nos livros didáticos indicados pelo PNLD – 2015 e analisados neste trabalho. Evidencia-se que a maior parte das obras apresenta classificações satisfatória e parcialmente satisfatória para as categorias analisadas e, dessa forma, podem ser consideradas boas ferramentas para o processo de ensino de Física que visa a compreensão dos conceitos relacionados à FN. No entanto, vale salientar que algumas obras apresentam a discussão dos conceitos de FN limitadas e necessitem de complementação de outros materiais.

Referências

ARTUSO, A. R.; WRUBLEWSKI, M. **Física**. Curitiba: Positivo, 2013.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

BONJORNO, J. R. et al. **Física**. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 1º mar. 2017.

_____. Ministério da Educação e Cultura. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2000a.

_____. _____. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: bases legais**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2000b.

_____. _____. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

_____. _____. **Guia de Livros Didáticos PNLD 2015:** apresentação. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2014a.

_____. _____. **Guia de Livros Didáticos PNLD 2015:** Física. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2014b.

_____. _____. **Base Nacional Comum Curricular** – Documento preliminar. MEC. Brasília, DF, 2015.

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, p. 387-404, 2005.

CHEVALLARD, Y. **La Transposition Didactique**. Paris: La Pensée Sauvage, 1991.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: _____. _____. (Org.). **O planejamento da pesquisa qualitativa: teoria e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 15-41.

EIJKELHOF, H.; KORTLAND, K.; LOO, F. V. D. Nuclear weapons - a suitable topic for the classroom? **Physics Education**, Bristol, v. 19, special issue, p. 11-15, May 1984.

FILGUEIRA, S. S. **O lúdico no ensino de física:** elaboração e desenvolvimento de um minicongresso com temas de Física Moderna. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2008. Disponível em: <http://www.ciencia.iao.usp.br/dados/snef/_oludiconoensinodefisicae.trabalho.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

GIL, D. P.; SENENT, F.; SOLBES, J. La introducción a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, n. extra, p. 209-210, set. 1987.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física 3**. São Paulo: Ática, 2014.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LANGHI, R. **Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2004.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção e validação de um sistema de hipermídia para o ensino de Física Moderna. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, p. 90-116, 2007.

MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos de Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para pesquisa. **Pró-Posições**, v. 17, n. 1, p. 117-136, 2006.

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

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, 2000.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F.; Relatividade Restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual dos objetos relativísticos em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 2, p. 176-190, 2002.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. **A Transposição Didática aplicada à teoria contemporânea: a Física de Partículas elementares no Ensino Médio**. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 10, 2006, Londrina. Disponível em: <http://www.nupic.fe.usp.br/Publicacoes/congressos/Maxwell_A_TRANSPOSICAO_DIDATI_CA_APLICADA.pdf>. Acesso em: 1º mar. 2017.

SOUZA, A. M. de. **Despertando responsabilidade social no ensino médio por meios de temáticas associadas à física nuclear**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

_____. Discursos de licenciandos em Física sobre a questão nuclear no Ensino Médio: foco na abordagem histórica. **Ciência e Educação**, v. 16, n. 1, p. 37-60, 2010.

SOUZA, A. M. de; GERMANO, A. S. M. **Análise de livros didáticos de Física quanto a suas abordagens para o conteúdo de Física Nuclear**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0872-2.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

STANNARD, R. Modern physics for the young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, May 1990.

TENÓRIO, A. et al. Análise dos conteúdos de Física Nuclear em livros escolares brasileiros. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 175-199, 2015.

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