

## A abordagem histórica da radioatividade em livros didáticos de química e física do PNLD 2018

Karoline dos Santos Tarnowski<sup>1\*</sup>, Ivani Teresinha Lawal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professora da Escola de Educação Básica Osvaldo Aranha e mestra em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias, Joinville, Santa Catarina, Brasil, <sup>2</sup>Professora da Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Física, Joinville, Santa Catarina, Brasil. \*[karol.tarnowski@hotmail.com](mailto:karol.tarnowski@hotmail.com)

Recebido em: 03/08/2021

Aceito em: 25/08/2021

Publicado em: 25/09/2021

### RESUMO

O presente trabalho se refere a uma análise de conteúdos históricos relacionados à radioatividade apresentados pelas 18 coleções aprovadas no Programa Nacional do Livro e Material Didático (PNLD) de 2018, 12 para a disciplina de Física e 6 para Química, as quais estiveram disponíveis para adoção das escolas da rede básica de ensino. Como instrumento de análise, foi utilizado um recorte da ferramenta proposta por Tacla et al. (2015), sendo avaliado os aspectos históricos da construção do conhecimento científico nas coleções de livros didáticos. Como resultado, percebeu-se que a maioria das coleções apresenta questões históricas sobre a radioatividade de modo pouco relevante, em geral como introdução ao estudo do assunto, mas sem serem promovidas discussões sobre o desenvolvimento histórico-científico em atividades sugeridas.

**Palavras-chave:** Radioatividade. História da ciência. Livros didáticos.

## The historical approach on radioactivity in PNLD 2018 chemistry and physics textbooks

### ABSTRACT

The present work refers to an analysis of historical contents related to radioactivity presented by 18 collections approved in the Brazilian National Program of Books and Didactic Material (PNLD) in 2018, 12 for Physics and 6 for Chemistry, which were available for adoption of schools in the basic education network. As an analysis instrument, a cutout of the tool proposed by Tacla et al. (2015), evaluating the historical aspects of the construction of scientific knowledge in textbook collections. As a result, it was noticed that most collections present historical questions about radioactivity in a less relevant way, generally as an introduction to the study of the subject, but without promoting discussions about the historical-scientific development in suggested activities.

**Keywords:** Radioactivity. History of science. Textbooks.

### INTRODUÇÃO

A História da Ciência tem fornecido diversas contribuições para o Ensino de Ciências, pois além de dar um contexto ao conhecimento científico, o viés histórico pode fornecer ao estudante a oportunidade de questionar e compreender questões sociais, econômicas e culturais, tanto relativas ao passado quanto contemporâneas

(BARP, 2013) e, nesse processo, construir uma visão de ciência relacionada a diferentes dimensões, como as de caráter humano (BRASIL, 2002). Além disso, ao utilizar essa abordagem, os estudantes podem conhecer ainda os erros e acertos dos pesquisadores, bem como as possibilidades e limites de suas conclusões que dizem respeito a sua contribuição científica (CARVALHO; SASSERON, 2010).

No âmbito educacional, os livros didáticos são importantes recursos de apoio ao ensino, pois trazem conceitos, atividades, reflexões e contextos diversos indispensáveis a um ensino adequado (BRASIL, 2017). Em geral, quando os livros didáticos de diferentes níveis de ensino tratam sobre a História da Ciência fazem isso enfatizando os resultados e conclusões obtidas pelo meio científico, tais como os conceitos e teorias vigentes à publicação do livro. Com isso, desconsideram o desenvolvimento de uma visão sobre a natureza da investigação e desenvolvimento científico, que poderia contribuir e complementar o ensino de ciências (MARTINS, 2006).

Diante disso, o objetivo do presente trabalho é analisar aspectos relacionados à história da radioatividade nos Livros Didáticos de Física e Química aprovados no PNLD 2018, a fim de verificar de que forma ela foi abordada nesses materiais empregados no ensino científico a nível nacional.

## **LIVROS DIDÁTICOS: A ABORDAGEM DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

É direito fundamental do cidadão ter acesso à riqueza cultural produzida pela humanidade. A educação escolar contribui para o processo, já que é um instrumento que objetiva a formação integral e contextualizada dos estudantes, promovendo ações respeitando a liberdade e solidariedade, almejando o desenvolvimento dos estudantes para o exercício de sua cidadania e sua qualificação para o trabalho.

A educação deve desenvolver-se de forma contextualizada e interdisciplinar, a partir de um currículo pensado com base nas quatro áreas de conhecimento – Linguagens; Matemática; Ciências da Natureza; Ciências Humanas – e que articule os componentes curriculares das áreas e entre as áreas, no processo de desenvolvimento e de aprendizagem dos estudantes. É em meio a essas perspectivas que o Livro Didático para o Ensino Médio deve ser inserido, constituindo-se como mais uma ferramenta de apoio à construção dos processos educativos, com vista a assegurar a articulação das dimensões ciência, cultura, trabalho e tecnologia no currículo dessa etapa da educação básica (BRASIL, 2017, p. 9).

Verifica-se que no processo educacional o Livro Didático é um dos recursos empregados em ações de ensino e se constitui como uma das formas dos estudantes

possuírem acesso ao conhecimento produzido pela humanidade em seus processos históricos. Conforme aponta o Ministério da Educação (BRASIL, 2017), é necessário que o livro didático torne viável o conhecimento por parte de alunos, familiares e professores acerca de informações e conceitos que possibilitem a compreensão do mundo, sendo ampliados os conhecimentos relativos à ciência, sociedade, educação e cultura.

Sobre os livros didáticos empregados nas escolas públicas, o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) é uma ação de âmbito federal administrada pelo Ministério da Educação que tem por objetivo fornecer livros e materiais didáticos previamente aprovados e selecionados por escolas públicas de Ensino Fundamental e Médio. Conforme destacam Schirmer e Sauerwein (2017), o livro didático é uma das ferramentas mais utilizadas por professores da Educação Básica e, por isso, a análise das coleções é fundamental no âmbito educacional devido à sua importância.

Com a ampliação da distribuição de livros para a Educação Básica a tarefa de analisar e escolher LD passou a ter uma importância fundamental no processo educacional, já que esta é hoje uma das principais escolhas didático-pedagógicas atribuídas ao professor da educação básica (SCHIRMER; SAUERWEIN, 2017, p. 34).

No cenário educativo a História da Ciência tem contribuído com o ensino de ciências ao favorecer a compreensão do modo que a ciência e a tecnologia se inter-relacionam no âmbito social e evita que o meio científico seja percebido como algo isolado, pois de fato ele está imerso no desenvolvimento histórico e cultural, ou seja, pertence a um mundo humano (MARTINS, 2006). Entretanto, nos Livros Didáticos a História da Ciência ainda é tratada de modo inadequado ou insuficiente, como demonstram pesquisas em diferentes níveis e áreas do Ensino de Ciências (PAGLIARINI, 2007; ROSA; SILVA, 2010; FERNANDES; PORTO, 2012; VIDAL; PORTO, 2012; dentre outros). Martins (2006) discute que os materiais didáticos de todos os níveis de ensino acabam por limitar os aspectos históricos às conclusões e técnicas aceitas pela comunidade científica, sem suscitar a discussão sobre o desenvolvimento das teorias, suas complementações ou refutações, as circunstâncias que permeiam o trabalho científico e influências de contextos histórico-sociais externos.

A História das Ciências nos apresenta uma visão a respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico que não costumamos encontrar no estudo didático dos resultados científicos (conforme apresentados nos livros-texto de todos os níveis). Os livros científicos didáticos enfatizam os

resultados aos quais a ciência chegou – as teorias e conceitos que aceitamos, as técnicas de análise que utilizamos – mas não costumam apresentar alguns outros aspectos da ciência. De que modo as teorias e os conceitos se desenvolvem? Como os cientistas trabalham? Quais as idéias que não aceitamos hoje em dia e que eram aceitas no passado? Quais as relações entre ciência, filosofia e religião? Qual a relação entre o desenvolvimento do pensamento científico e outros desenvolvimentos históricos que ocorreram na mesma época? A história das ciências não pode substituir o ensino comum das ciências, mas pode complementá-lo de várias formas (MARTINS, 2006, p. xvii).

Como observa-se a partir do discurso de Martins (2006), a História da Ciência pode auxiliar e complementar ações no Ensino de Ciências, mas para tanto é necessário que seja abordada pelos materiais didáticos de modo adequado. Isso porque, dependendo da maneira que são trazidos aspectos históricos ao âmbito do ensino, podem haver distorções na compreensão histórico-científica por parte dos alunos, influenciando em visões equivocadas (VIDAL; PORTO, 2012). Por isso, é importante que o conhecimento científico seja estudado em um contexto histórico, permitindo que o estudante questione e compreenda questões sociais, econômicas e culturais, tanto relativas ao passado quanto contemporâneas (BARP, 2013).

### ***Livros Didáticos: Radioatividade***

A análise de Livros Didáticos aprovadas pelo PNLD é vasta na literatura, sendo o conteúdo de radioatividade analisado tanto em livros da componente curricular de Física (SOUZA; GERMANO, 2009; DARROZ; ROSA; SILVA, 2017) quanto de Química (SÁ; SANTIN FILHO, 2009; SOUSA; SALES, 2016). Em Física, o trabalho de Souza e Germano (2009) verificou qual é o tratamento dado à Física Nuclear nos Livros Didáticos, a fim de subsidiar a produção de material de apoio ligado à temática. Darroz, Rosa e Silva (2017) também realizaram um estudo nessa área, analisando, a partir do instrumento que Souza e Germano (2009) propuseram: se o material aborda os conceitos de forma clara e coerente, se são abordadas as aplicações dentro da temática, se há um aspecto social e epistemológico envolvido, além de verificar se ocorre a presença da interdisciplinaridade. Conforme os autores, os resultados demonstram que existe uma discrepância entre as coleções analisadas, mas que de modo geral os livros didáticos analisados podem contribuir para o estudo da temática.

Já na área de Química, Sousa e Sales (2016) analisaram o conteúdo de radioatividade em livros aprovados pelo PNLD em 2015, avaliando as coleções de acordo com os critérios estabelecidos pelo Ministério da Educação, dentre eles as

imagens existentes livro didático, a linguagem e o rigor científico, a evolução histórica de aspectos relativos ao conteúdo, bem como a contextualização, a abordagem metodológica do conteúdo e sua relação com o desenvolvimento tecnológico. Após a análise, os autores perceberam tanto coleções que abordavam a radioatividade de modo satisfatório quanto coleções que eram insuficientes, no quesito qualidade de material. Além disso, outros autores como Sá e Santin Filho (2009) analisaram a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e a temática da radioatividade trabalhada nos livros didáticos, também com base nos quesitos estabelecidos pelo Ministério da Educação. Com o trabalho, perceberam que as obras da época não contemplavam significativamente as relações entre CTS e aspectos relacionados à radioatividade, sendo o assunto tratado de maneira descontextualizada.

Em suma, verifica-se que os Livros Didáticos são um instrumento importante para o ensino, já que podem viabilizar o acesso à informação nas práticas pedagógicas que ocorrem no âmbito escolar, tornando viável o acesso a saberes, práticas, valores e possibilidades. Como consequência, pode-se perceber a ampliação da visão de mundo, ciência, sociedade, educação e cultura (BRASIL, 2017). Com base no apresentado pela literatura da área, percebe-se que existem coleções de livros didáticos adequados e inadequados em relação a aspectos do ensino de radioatividade nas últimas coleções publicadas.

## **METODOLOGIA**

A escolha dos livros didáticos de Física e Química a serem analisados foi realizada mediante a consulta das coleções aprovadas e indicadas no Guia de Livros Didáticos do PNLD 2018 (BRASIL, 2017) para escolha das unidades escolares. O Quadro 1 apresenta as coleções aprovadas e os códigos adotados neste trabalho: a sigla “CF1” para se referir à Coleção de Física 1, sendo feito isso para as demais coleções. Nesse caso, as coleções CF1 a CF12 são da componente curricular Física, já as coleções CQ13 a CQ18 são materiais indicados à disciplina de Química.

O instrumento utilizado para realizar a análise dos livros didáticos foi o elaborado por Tacla et al. (2015) a partir trabalhos de Santos (2006) e Menestrina (2008), os quais foram utilizados como suporte teórico-metodológico. Nesse instrumento, os livros são avaliados conforme pontuações atribuídas a afirmações dentro de quatro categoriais pré-estabelecidas, sendo elas: 1) Linguagem dos textos; 2)

Livro do professor; 3) Aspectos históricos da construção do conhecimento; e 4) Abordagem e contextualização em Ciência, Tecnologia e Sociedade, a qual se subdivide ainda em quatro subcategorias: 4.1) Epistemológicas, 4.2) Humanísticas-Sociais, 4.3) Pedagógicas e 4.4) Técnicas.

**Quadro 1** - Descrição das coleções de Livros Didáticos aprovados no PNLD 2018

Área	Sigla	Referência das coleções de Livros Didáticos aprovados no PNLD 2018
Física	CF1	GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. <b>Física</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 2. ed. São Paulo: Ática, 2017.
	CF2	GASPAR, Alberto. <b>Compreendendo a Física</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 3. ed. São Paulo: Ática, 2017.
	CF3	LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. <b>Física: Contexto &amp; Aplicações</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 2. ed. São Paulo: Scipione, 2017.
	CF4	FUKUI, Ana; MOLINA, Madson de Melo; VENÊ. <b>Física</b> . Coleção Ser Protagonista. Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1, 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.   VÁLIO, Adriana Benetti Marques <i>et al.</i> <b>Física</b> . Coleção Ser Protagonista. Ensino Médio. Manual do Professor. v. 2-3, 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.
	CF5	YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. <b>Física para o Ensino Médio</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.
	CF6	DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. <b>Física</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
	CF7	GONÇALVES FILHO, Aurelio; TOSCANO, Carlos. <b>Física: Interação e Tecnologia</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 2. ed. São Paulo: Leya, 2016.
	CF8	BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Claudio Xavier da. <b>Física aula por aula</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
	CF9	BONJORNO, José Roberto et al. <b>Física</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
	CF10	PIETROCOLA, Maurício et al. <b>Física em contextos</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.
	CF11	TORRES, Carlos Magno Azinaro et al. <b>Física: Ciência e Tecnologia</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016.
	CF12	MARTINI, Glorinha et al. <b>Conexões com a Física</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2016.
Química	CQ13	REIS, Martha. <b>Química</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 2. ed. São Paulo: Ática, 2017.
	CQ14	MORTIMER; Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. <b>Química</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 3. ed. São Paulo: Scipione, 2017.
	CQ15	LISBOA, Julio Cezar Foschini et al. <b>Química</b> . Coleção Ser Protagonista. Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.
	CQ16	NOVAIS; Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Murilo Tissoni. <b>Vivá Química</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 1. ed. Curitiba: Positivo, 2016.
	CQ17	CISCATO, Carlos Alberto Mattoso et al. <b>Química</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 1. ed. São Paulo: Moderna, 2016.
	CQ18	SANTOS, Wildson; MÓL, Gerson. <b>Química Cidadã</b> . Ensino Médio. Manual do Professor. v. 1-3, 3. ed. São Paulo: AJS, 2016.

Fonte: As autoras (2020) com base no Guia de Livros Didáticos (BRASIL, 2017).

Na análise das coleções de livros didáticos do presente trabalho, em virtude do enfoque histórico, fez-se um recorte de uma pesquisa mais abrangente em curso e os resultados serão apresentados apenas conforme os critérios da terceira categoria “Aspectos históricos da construção do conhecimento”, apresentado pelo Quadro 2.

**Quadro 2 - Critérios da categoria 3) “Aspectos históricos da construção do conhecimento”**

<b>Critérios sobre “Aspectos históricos da construção do conhecimento”</b>	
3.1	O livro didático valoriza a evolução das ideias para construção dos conhecimentos químicos/físicos
3.2	O livro didático incita as comparações entre as concepções prévias dos alunos com as concepções vigentes em determinadas épocas históricas
3.3	O livro didático mostra o caráter hipotético das ciências e as limitações de suas teorias e seus problemas pendentes de soluções
3.4	O conhecimento químico/físico é apresentado como modelo que indica o caráter transitório das ciências
3.5	Evita a compartimentalização dos conceitos, abordando-os em diferentes contextos e/ou situações do cotidiano
3.6	Apresenta uma abordagem do conhecimento com a valorização de uma visão interdisciplinar

Fonte: Tacla et al. (2015).

Sendo assim, de acordo com o instrumento, aos critérios foram atribuídos valores entre 0 e 4: 0 - “Não se aplica”; 1 - “Irrelevante”; 2 - “Pouco Relevante”; 3 - “Relevante”; e 4 - “Muito Relevante”. Com essa análise, verifica-se de que forma o livro didático pode ser aliado ao ensino da temática de radioatividade, caso suscite discussões pertinentes com aspectos relativos à História da Ciência.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O Quadro 3 apresenta as coleções analisadas e seus valores de relevância em cada um dos seis critérios, as médias obtidas através das coleções para cada um dos critérios e o resultado através da média de cada coleção para a categoria “Aspectos históricos da construção do conhecimento” relativa à temática sobre radioatividade. A fim de facilitar a exploração dos dados do Quadro 3 nas discussões, agrupou-se os critérios em quatro conjuntos relacionados que são apresentados na sequência: i (3.1 e 3.4), ii (3.3), iii (3.2) e iv (3.5 e 3.6):

**Quadro 3** - Pontuação das coleções para a categoria “Aspectos históricos da construção do conhecimento”

Área	Coleção	Nota parcial dos indicadores						Resultado para “Aspectos históricos da construção do conhecimento”	
		(3.1)	(3.2)	(3.3)	(3.4)	(3.5)	(3.6)	Média	Legenda
Física	CF1	3	1	1	2	3	2	2	Pouco relevante
	CF2	3	1	3	3	2	1	2,2	Pouco relevante
	CF3	1	1	1	1	3	2	1,5	Irrelevante / Pouco relevante
	CF4	3	1	3	3	3	2	2,5	Pouco relevante / Relevante
	CF5	3	1	2	2	3	3	2,3	Pouco relevante
	CF6	1	1	1	1	3	3	1,6	Pouco relevante
	CF7	2	1	2	2	3	3	2,2	Pouco relevante
	CF8	2	1	1	2	3	3	2	Pouco relevante
	CF9	3	1	2	3	3	2	2,3	Pouco relevante
	CF10	3	1	2	3	2	3	2,3	Pouco relevante
	CF11	2	1	2	2	3	2	2	Pouco relevante
	CF12	2	1	1	2	2	1	1,5	Irrelevante / Pouco relevante
	Média Física	2,3	1	1,8	2,2	2,8	2,2	2	Pouco relevante
Química	CQ13	3	1	3	3	3	3	2,7	Relevante
	CQ14	3	2	3	3	2	2	2,5	Pouco relevante / Relevante
	CQ15	2	1	2	2	3	2	2	Pouco relevante
	CQ16	3	1	2	3	3	3	2,5	Pouco relevante / Relevante
	CQ17	3	1	2	3	3	3	2,5	Pouco relevante / Relevante
	CQ18	3	1	3	3	2	2	2,3	Pouco relevante
		Média Química	2,8	1,2	2,5	2,8	2,7	2,5	2,4
	Média Geral	2,6	1,1	2,2	2,5	2,8	2,4	2,2	Pouco relevante

Legenda: 0 - “Não se aplica”, 1 - “Irrelevante”, 2 - “Pouco Relevante”, 3 - “Relevante” e 4 - “Muito Relevante”  
 Fonte: As autoras (2020).

***Valorização da evolução das ideias para construção do conhecimento, que é apresentado como modelo que indica o caráter transitório das ciências (3.1 e 3.4)***

Em linhas gerais, pela média infere-se que houve maior valorização da evolução das ideias para construção do conhecimento, sendo este apresentado como modelo que indica o caráter transitório das ciências, pelas coleções de Química em relação às de Física, já que a pontuação indicou que os livros de Física apresentavam esses aspectos de modo “Pouco relevante” (pontuação 2,3 e 2,2) enquanto os materiais de Química discutiam tais questões de modo "Relevante" (pontuações 2,8 em ambos os critérios).

Mais especificamente à análise individual, as coleções consideradas “Relevantes” nas áreas de Física e Química traziam o contexto do início das investigações radioativas por Henri Becquerel e Marie e Pierre Curie, sendo inclusive apresentada a natureza das emissões radioativas estudadas por Rutherford e seu grupo de pesquisa. Além disso, algumas dessas coleções também discutiam as contribuições à radioatividade artificial realizadas pelo casal Irène e Jean-Frédéric Joliot-Curie e as contribuições à fissão nuclear de Otto Hahn, Fritz Strassmann, Lise Meitner e Otto Frisch.

Em Física, por exemplo, no caso da CF1 esses aspectos históricos envolvendo Becquerel, o casal Curie e Rutherford são abordados brevemente ao se discutir sobre a

radiação gama (v.3, p.177) e posteriormente ao se abordar a radioatividade (v.3, p.220 e 225). Existe, inclusive, um texto que trata da transmutação artificial (v.3, p.232), mencionando as contribuições de Rutherford, Irène Joliot-Curie, Jean-Frédéric Joliot-Curie e James Chadwick a essa área. Além disso, são discutidos aspectos sobre a fissão nuclear, mencionando as contribuições de Otto Hahn, Fritz Strassmann, Lise Meitner e Otto Frisch (v.3, p.235). Por fim, as contribuições de Marie Curie e Irène Joliot-Curie são posteriormente retomadas em um texto biográfico (v.3, p.245-246).

Já no caso das coleções de Química, por exemplo, na CQ14 é discutida e explorada a descoberta da radioatividade em um capítulo sobre modelos atômicos e tabela periódica, em que são feitos questionamentos iniciais aos alunos (v.1, p.143), é explicado o contexto histórico (v.1, p.143-146), são trazidos trechos de comunicações originais dos cientistas (v.1, p.143), explicações conceituais e questões para reflexão (v.1, p.144 e 146). O trecho a seguir exemplifica a discussão do contexto histórico quanto à evolução das ideias e o caráter transitório das ciências:

Ao contrário dos raios X, os “raios de Becquerel” não causavam grande furor na época. A ideia de Becquerel sobre a natureza desses raios era a de que eles estavam associados à fluorescência emitida pelas substâncias. O desenvolvimento das pesquisas em radioatividade, por Marie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906) e por Rutherford (1871-1937) e Soddy (1877-1956), acabaram, no entanto, levando à descoberta de que os átomos radioativos eram instáveis e se desintegravam emitindo radiações que foram nomeadas por Rutherford como alfa, beta e gama. Essas emissões se revelariam uma poderosa “sonda” para o estudo da estrutura do átomo (CQ14, v. 1, p. 144).

Existiram coleções em que a valorização da evolução das ideias para construção do conhecimento é apresentada de modo “Pouco relevante”. Por exemplo, nas coleções de Física, a coleção CF7 apresenta pontos relativos à radioatividade numa perspectiva histórica em um texto inicial de sua coleção (v.3, p.13) e em alguns momentos da apresentação do conteúdo (v.3, p.197-198), mas sem haver uma contextualização histórica significativa do processo de identificação dos fenômenos radioativos. Dentre as coleções de Química, a CQ15, por exemplo, aborda em linhas gerais aspectos históricos no início do capítulo sobre a temática da radioatividade, antes de realizar exposições conceituais sobre os diferentes tipos de radiações emanadas por substâncias radioativas:

A radioatividade natural foi percebida pela primeira vez em 1896, por Antoine-Henri Becquerel (1852-1908), quando estudava o comportamento de alguns cristais fosforescentes depositados sobre uma chapa fotográfica, após

serem irradiados por luz solar. Sabia-se, na época, que substâncias fosforescentes emitiam luz depois de receber energia. Becquerel acabou percebendo, após a revelação de uma chapa, que os cristais de compostos de urânio emitiam radiação continuamente, mesmo quando não estimulados pela luz solar. O termo radioatividade foi criado por Marie Curie, cientista que dividiu com o marido, Pierre Curie (1859-1906), e Becquerel o prêmio Nobel de Física de 1903 pelas pesquisas sobre radioatividade espontânea. Em 1911, Marie Curie ganhou o prêmio Nobel de Química pela descoberta dos elementos rádio e polônio, pelo isolamento do rádio e o estudo da sua natureza e dos seus compostos, sendo a primeira mulher a receber um prêmio Nobel e a primeira pessoa a receber dois prêmios em áreas científicas distintas. Faleceu em 1934, vítima de leucemia (CQ15, v. 2, p. 247).

Este mesmo livro, em breve seção seguinte, comenta sobre a investigação do casal Curie ao observar a intensidade da radiação emitida por uma fonte mineral de urânio, maior do que a esperada se fosse analisada as proporções do elemento no mineral. Contudo, utiliza termos como ‘radioisótopo’ ao discutir sobre o período, sendo percebida uma interpretação atual para o passado, o que poderia levar os estudantes ao anacronismo, ao pensarem que essa era a terminologia da época:

O que mais chamou a atenção dos cientistas da época, principalmente do casal Curie, foi a intensidade da radiação natural, até então atribuída somente ao elemento urânio, presente na pechblenda. Esse mineral, cuja base de constituição é formada por óxidos de urânio, emitia uma radiação natural muito mais intensa do que a esperada pela quantidade desse radioisótopo (CQ15, v. 2, p. 247, grifo nosso).

Percebe-se, por vezes, a utilização do período histórico como contexto em questões e/ou exercícios para discussão, mas sem haver a formulação da questão com base na história da radioatividade, como ao ser realizado o questionamento após uma exposição histórica: “Sabe-se que o urânio-238 é um alfaemissor (emissor de partículas alfa). Equacione a reação nuclear de desintegração do urânio e identifique, com auxílio da tabela periódica, o radioisótopo formado” (CQ15, v. 2, p. 262). Esses aspectos históricos são trabalhados nesta coleção apenas quanto aos impactos sofridos pela população pelo uso indiscriminado de produtos contendo elementos radioativos no início do século XX (CQ15, v. 2, p. 97). Nas coleções em que os aspectos históricos são “Irrelevantes” não se fazem presentes nos conteúdos que tratam de radioatividade. Porém, no caso da CF6, as questões históricas acerca de energia e fissão nucleares são apenas apresentadas brevemente como indicação no livro do professor (CF6, v. 2, p. 335-336).

### *Demonstração do caráter hipotético das ciências, limitações de suas teorias e seus problemas pendentes de soluções (3.3)*

De modo geral, percebeu-se através das médias apresentadas pelo Quadro 3 que as hipóteses, limitações e problemas científicos foram apresentados mais pelas coleções de Química (pontuação 2,5), estando entre “Pouco relevante” e “Relevante”, do que pelas coleções de Física (pontuação 1,8), cuja média indica uma apresentação “Pouco relevante”. Ao serem analisadas as coleções individuais, percebeu-se que as que tratavam de modo “Relevante” das hipóteses, limitações e problemas científicos traziam o contexto do início da descoberta da radioatividade abordando as hipóteses que os cientistas apresentavam na época em meio ao seu texto explicativo. Dentre eles, por exemplo, o interesse de Becquerel pela hipótese de Poincaré acerca dos raios X, que posteriormente culminou na descoberta da radioatividade:

Röntgen concluiu que alguns raios penetrantes originados do choque entre os raios catódicos e as paredes de vidro da ampola cruzaram o ar e atingiram o platinocianeto de bário, tornando-o fluorescente. Inicialmente chamou-os de raios Röntgen e mais tarde de raios X. Interessado no fenômeno, o físico francês Jules Henri Poincaré (1854-1912) lançou a hipótese da reciprocidade: “Se os raios X podem tornar certas substâncias fluorescentes, então as substâncias fluorescentes devem emitir raios X”. Antoine Henri Becquerel (1852-1908), colega de Poincaré, tinha interesse pelos fenômenos da fluorescência e resolveu testar essa hipótese. (...) Mas Becquerel não conseguiu “enxergar” que estava diante de um fenômeno totalmente novo e tentou “adaptar” o resultado de seus experimentos ao conhecimento que tinha a respeito dos fenômenos de fluorescência e fosforescência, amplamente estudados por seu avô e seu pai, que também eram cientistas (CQ13, v. 1, p. 143-144, grifos nossos).

Entretanto, mesmo as coleções que abordavam o caráter hipotético das ciências, bem como suas limitações e problemáticas de modo “Relevante” em suas exposições conceituais, deixaram de abordar as duas hipóteses que existiram durante o trabalho do casal Marie e Pierre Curie, como demonstram as Conferências Nobel realizadas por Pierre Curie em 1905 e Marie Curie em 1911. O trecho ilustra as hipóteses:

1. Na primeira hipótese, supõe-se que as substâncias radioativas tomem emprestada de uma radiação externa a energia que elas emitem, e suas radiações seriam uma radiação secundária (...). 2. Na segunda hipótese, pode-se supor que as substâncias radioativas tirem de si mesmas a energia que emitem. As substâncias radioativas estariam então em curso de evolução e se transformariam lenta e progressivamente, apesar da aparente invariabilidade de estado de algumas delas (CURIE, 1905 apud CORDEIRO; PEDUZZI, 2010, p. 483).

As coleções que apresentavam o critério 3.3 em questão de modo “Pouco relevante” não exploravam suficientemente as hipóteses, limitações e problemas

científicos ao longo de toda abordagem da temática da radioatividade, ou seja, faziam isso apenas no início das discussões sobre radioatividade ao contextualizar historicamente.

Por seus estudos, Marie Curie foi laureada duas vezes com o Prêmio Nobel: de Física, em 1903, e de Química, em 1911. No entanto, perguntas como qual era a origem da energia desprendida desses materiais e por que alguns elementos químicos são radioativos e outros não ainda precisavam ser respondidas. Em parceria com o químico inglês Frederick Soddy (1877-1956), o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) desenvolveu, no início do século XX, a teoria da desintegração atômica para explicar a natureza da radioatividade (os “raios de Becquerel”). Tinha sido determinado anteriormente que o poder de penetração das emissões radioativas era diferente do observado para os raios X. Também já tinha sido identificado que os raios de Becquerel eram de três tipos distintos, denominados, na época, de raios alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e gama ( $\gamma$ ) (CQ17, v. 3, p. 161).

Ou seja, esses pontos eram abordados, diferentemente das coleções que não os apresentavam, as “Irrelevantes”, mas em menor proporção do que as demais coleções.

### ***Comparações entre as concepções prévias dos alunos com as concepções vigentes em determinadas épocas históricas (3.2)***

A maioria das coleções de Física e Química não incita comparações entre as concepções prévias dos alunos com as concepções vigentes em determinadas épocas históricas. O que se pode perceber é a existência de textos explicativos e de apoio sobre o assunto e exercícios sobre conteúdos envolvendo a radioatividade. A CF1, que menciona assuntos relacionados à radioatividade diversas vezes traz, por exemplo: menção aos raios gama oriundos de processos radioativos (v.3, p.160 e 170); explicações sobre a radioatividade (v.3, p.177 e 220-223); aplicações, por meio de leitura de texto e questionário (v.3, p.178 e 226), exercícios sobre o assunto (v.3, p.179, 224 e 230) e uma breve biografia sobre Marie Curie (v.3, p.245-246). Entretanto, isso é feito sem ser promovida a comparação entre as concepções prévias dos alunos com as concepções vigentes em determinadas épocas históricas, porque as concepções científicas de determinados períodos são abordadas através de textos por meio de afirmações. Quando questionamentos são feitos em meio ao texto explicativo, é com o intuito de explicar os conceitos como conhecidos na atualidade:

Incentivados por Becquerel, em 1898 o casal Marie e Pierre Curie verificaram esse mesmo fenômeno em minério de pechblenda. Após vários anos de trabalho, eles isolaram dois novos elementos, o rádio e o polônio, que também emitiam radiação. Mas por que ocorre a emissão de radiação? A maioria dos elementos químicos é considerada estável. No entanto, alguns

têm a propriedade de se decompor, emitindo radiação espontaneamente e, na maioria dos casos, transformando-se em outros elementos ou reduzindo sua massa atômica. Essa propriedade é a radioatividade e esses elementos são chamados de radioativos. (...) (CF1, v. 3, p. 220, grifo nosso).

Nas coleções de Química, a única coleção que apresentou algo mais próximo do critério foi a CQ14, já que traz cinco questões prévias sobre radioatividade, mas sem enfatizar características históricas. Porém, pode-se perceber que uma discussão histórica é trazida ao serem propostas três questões posteriores para reflexão sobre o período envolvendo os experimentos de Becquerel e alguns exercícios sobre o assunto.

i) Descreva os experimentos realizados por Becquerel. ii) Alguns compostos de urânio são fluorescentes. A fluorescência ocorre quando um material recebe energia na forma de luz e, logo em seguida, emite parte desta energia também na forma de luz. Quando o experimento de Becquerel foi realizado no escuro, ainda assim a chapa fotográfica ficou marcada. A fluorescência está relacionada com a emissão de radiações capazes de marcar o filme fotográfico? Justifique. iii) É comum ler em livros que Becquerel descobriu a radioatividade. Diga se você concorda ou não com essa afirmação e justifique (CQ14, v. 1, p. 144).

Apesar de uma maior aproximação a uma discussão histórica promovida aos alunos pela CQ14, em relação ao resultado geral obtido neste critério, pode-se verificar um indício entre o que Martins (2006) discute sobre a limitação dos materiais didáticos em trabalhar aspectos históricos científicos. Ou seja, não há uma discussão pertinente sobre o desenvolvimento das teorias, suas complementações ou refutações, as circunstâncias que permeiam o trabalho científico e influências de contextos histórico-sociais externos.

***Evita a compartimentalização dos conceitos, abordando-os em diferentes contextos e/ou com valorização de uma visão interdisciplinar (3.5 e 3.6)***

De modo geral, com base na análise das médias das coleções de Física e Química quanto aos critérios em questão, foi observado que ambas apresentaram maior ênfase às aplicações em diferentes contextos quando se trata sobre a radioatividade, ou seja, de modo “Relevante” (Pontuação - Física: 2,8; Química: 2,7). Já a interdisciplinaridade foi abordada de modo mais sutil pelas coleções de Física “Pouco relevante” (Pontuação 2,2) e esteve entre “Pouco relevante” e “Relevante” nas coleções de Química (Pontuação 2,5). No caso das abordagens interdisciplinares observadas, houve principalmente entre as disciplinas de Química, Física e Biologia, mas também relações com História, Geografia e Matemática em menor proporção.

No caso das coleções mais representativas a propósito de exemplificação, em Física, a CF5 demonstra as radiações ionizantes e as energias de ligações das moléculas (v.3, p.276). Na CF6 é explicada a datação por carbono-14 e discutido sobre a molécula de CO<sub>2</sub> (v.1, p.24). Na CF7, ao serem propostos projetos sobre as fontes de energia elétrica e sobre as radiações eletromagnéticas (v.3, p.216) e ao ser desenvolvido o projeto sobre as radiações eletromagnéticas (v.3, p.219). Já a CF8 propõe uma análise política que vai além do aspecto técnico do enriquecimento do urânio sobre os testes nucleares da Coreia do Norte (v.3, p.238). Na CF10, ao ser proposto uma atividade de pesquisa e debate sobre os benefícios e malefícios da energia nuclear, discutindo ainda questões que envolveram as bombas atômicas lançadas na Segunda Guerra Mundial (v. 3, p. 243).

Quanto às coleções representativas de Química, na CQ13 são discutidas as relações entre as radiações ionizantes e a vida (v. 3, p. 262), datação por carbono-14 (v.3, p.268), o emprego de energia nuclear (v. 3, p. 280), o acidente ocorrido em Goiânia (v. 3, p. 272) e aplicações diversas no cotidiano (p. 269). Na CQ15 é abordado em um texto e exercícios as aplicações de substâncias radioativas em cosméticos no século XX (v. 1, p. 97) e a utilização do rádio na Primeira Guerra Mundial (v. 2, p. 247), a importância da datação radioativa (v. 2, p. 251 e 264), as aplicações na medicina, agricultura e indústrias (v. 2, p. 252) e a importância energética (v. 2, p. 257 e p. 267-268), havendo ainda uma proposta de atividade sobre a radioatividade em relação à sua função exponencial (v. 2, p. 261). Já na CQ16 se discute sobre a irradiação de alimentos (v. 3, p. 10 e p. 36-37), radioterapia (v. 3, p. 12), detectores de fumaça (v. 3, p. 22), bomba atômica na Segunda Guerra Mundial (v. 3, p. 26), sobre os efeitos das radiações no organismo (v. 3, p. 31) e datações de fósseis (v. 3, p. 38). Por fim, quanto à CQ17, ela aborda sobre aspectos arqueológicos (v. 1, p. 93) e biológicos da radiação (v. 3, p. 159), além de discutir sobre a datação por carbono-14 (v. 3, p. 171).

As demais coleções abordam aspectos contextualizados e interdisciplinares de modo “Pouco Relevante”, sendo no caso das disciplinas feito apenas menções em meio ao texto. No caso da CQ14 é proposto um projeto com debates sobre fontes de energia (v. 2, p. 59-60), sendo a energia nuclear um dos temas, mas não é abordada com relevância sua questão histórica a partir da descoberta da radioatividade. Quanto às coleções CF2 e CF12, elas não apresentam questões interdisciplinares ao ser trabalhado com situações envolvendo radioatividade, sendo classificadas como “Irrelevantes”.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o objetivo de analisar aspectos relacionados à história da radioatividade em livros didáticos vigentes, com o intuito de verificar de que forma ela foi apresentada nesses materiais, percebeu-se de modo geral que ambas as coleções de Física e Química aprovadas no PNLD 2018 se apresentaram como “Pouco relevantes” a partir da ótica permitida pelo instrumento de Tacla et al., (2015). Notou-se que as coleções apresentaram indícios da valorização da evolução das ideias para construção do conhecimento, demonstrando a natureza transitória das ciências e evitaram a compartimentalização dos conceitos, abordando-os em diferentes contextos e com interação com outras disciplinas.

Entretanto, o que se observou ainda foi que as coleções de livros didáticos dificilmente promoveram comparações entre as concepções prévias dos alunos com as concepções vigentes em determinadas épocas históricas. Além disso, verificou-se que a promoção aos estudantes de um trabalho envolvendo o caráter hipotético das ciências, as limitações de suas teorias e seus problemas pendentes de soluções foi insuficiente, já que apresentavam tais pontos de modo geralmente introdutório e expositivo. Com isso, pode-se afirmar que não houve a promoção de discussões pertinentes sobre o desenvolvimento das teorias, suas complementações ou refutações, as circunstâncias que permearam o trabalho científico e influências de contextos histórico-sociais externos.

Tal característica seria importante tendo em vista que o livro didático é um dos meios de os estudantes e professores possuírem acesso aos conhecimentos adquiridos e desenvolvidos pela Humanidade, empregado como um instrumento educacional utilizado para o aperfeiçoamento do educando enquanto cidadão.

## AGRADECIMENTOS

Apoio financeiro à pesquisa: FAPESC e CNPQ.

## REFERÊNCIAS

BARP, E. Contribuições da História da Ciência para o Ensino da Química: Uma Proposta para Trabalhar o Tópico Radioatividade. **História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces**, v. 8, p. 50-67, 2013.

BRASIL. **PNLD 2018: Apresentação – Guia de Livros Didáticos – Ensino Médio**. Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017. 39 p.

BRASIL. **PNLD**. Ministério da Educação. 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>. Acesso em: 07 fev. 2020.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L.O. de Q. As Conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: A gênese da radioatividade no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 473-514, 2010.

DARROZ, L. M.; ROSA, C. T. W.; SILVA, J. C. Análise da abordagem de Física Nuclear nos Livros Didáticos de Física. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 3, p. 56-72, 2017.

FERNANDES, M. A. M.; PORTO, P. A. Investigando a presença da história da ciência em livros didáticos de Química Geral para o ensino superior. **Química Nova**, v. 35, n. 2, p. 420-429, 2012.

MARTINS, R. A. A história das ciências e seus usos na educação. Pp. xxi-xxxiv. In: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MENESTRINA, T. C. **Concepção de Ciência, Tecnologia e Sociedade na formação de engenheiros: um estudo de caso das engenharias da UDESC Joinville**. 2008. 237 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da História e Filosofia da Ciência presente em livros didáticos de Física para o Ensino Médio**. 2007. Dissertação (Mestrado em Física Básica) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

ROSA, S. R. G.; SILVA, M. R. da. A história da Ciência nos livros didáticos de Biologia do ensino médio: uma análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 2, p. 59-78, 2010.

SÁ, M. B. Z.; SANTIN FILHO, O. Relações entre ciência, tecnologia e sociedade em livros didáticos de química. **Acta Scientiarum**, v. 31, n. 2, p. 159-166, 2009.

SANTOS, S. M. de O. **Critérios para avaliação de livros didáticos de Química para o Ensino Médio**. 2006. 234 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília. 2006.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: Compromisso com a cidadania**. Coleção **Educação em Química**. 4. ed. Ijuí: Editora Unijuí. 2014. 159 p.

SCHIRMER, S. B.; SAUERWEIN, I. Pr. S. Livros Didáticos em publicações na área de Ensino: contribuições para análise e escolha. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 1, p. 23-41, 2017.

SOUSA, W. T. de; SALES, L. L. de M. Radioatividade no Ensino Médio: Análise de livros didáticos de Química no PNLD 2015. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, v. 1, Ed. Especial, pp. 73-79, 2016.

SOUZA, A. M. de; GERMANO, A. S. de M. Análise de livros didáticos de Física quanto a suas abordagens para o conteúdo de Física Nuclear. **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)**, Vitória-ES. 2009.

TACLA, L. A, et al. Análise de livro didático: Caracterização geral e enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 21., 2015. Uberlândia. **Atas...**, Universidade Federal de Uberlândia: SNEF, 2015.

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A História da Ciência nos livros didáticos de Química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012.