

The presence of the current atomic model in the books approved in the 2021 PNLD

Resumo:

O Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) criado em 1985 que visa avaliar e distribuir livros didáticos para alunos de escolas públicas, passou por uma adaptação para o ano de 2021, isso porque, o decreto n. 9.099 de julho de 2017 menciona que o programa deve apoiar a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento normativo que regula as “aprendizagens essenciais” a serem desenvolvidas na Educação Básica. Dessa forma, os novos livros aprovados devem trabalhar o desenvolvimento de competências e habilidades dentro de temáticas gerais. Em Ciências da Natureza e suas Tecnologias, essas temáticas são Matéria e Energia, Vida e Evolução, e Terra e Universo, que se relacionam diretamente com o tópico dos Modelos Atômicos, trabalhado no componente curricular de Química. No entanto, uma discussão recorrente entre professores e pesquisadores levantam questionamentos sobre a necessidade de se trabalhar ou não com o modelo atômico mais recente nas escolas de Educação Básica. Diante disso, o objetivo deste estudo foi identificar a presença do modelo atômico mais recente nos livros didáticos aprovados no PNLD de 2021, a forma como este modelo é apresentado e o nível de profundidade dessas abordagens. Para este estudo utilizou-se a análise de conteúdo baseada nos trabalhos de Laurence Bardin, e verificou-se que das sete obras analisadas, cinco delas fazem menção ao modelo atômico atual, duas de forma simples e três de forma mais aprofundada, atribuindo igual importância e destaque se comparados com os modelos atômicos anteriores.

Palavras-chave: PNLD. Ciências da Natureza. Modelo Atômico. Análise de Conteúdo.

Abstract:

The National Textbook Plan (PNLD) created in 1985, which aims to evaluate and distribute textbooks to public school students, underwent an adaptation for the year 2021, because decree n. 9.099 of July 2017 mentions that the program must support the implementation of the National Common Curricular Base (BNCC), a normative document that regulates the “essential learning” to be developed in Basic Education. skills and abilities within general themes. In Natural Sciences and its Technologies, these themes are Matter and Energy, Life and Evolution, and Earth and Universe, which are directly related to the topic of Atomic Models, worked on in the curricular component of Chemistry. However, a recurring discussion between teachers and researchers raises questions about the need to work or not with the most recent atomic model in Basic Education schools. Therefore, the objective of this study was to identify the presence of the most recent atomic model in the textbooks approved in the PNLD of 2021, the way in which this model is presented and the level of depth of these approaches. For this study, content analysis based on the works of Laurence Bardin was used, and it was found that of the seven works analyzed, five of them mention the current atomic model, two in a simple way and three in more depth, attributing equal importance to and stand out compared to previous atomic models.

Keywords: PNLD. Natural Sciences. Atomic Model. Content Analysis.

1. Mestre em Tecnologia Educacional pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor de Química da Secretaria de Educação do Estado do Ceará (SEDUC). glaylton.almeida@prof.ce.gov.br. <https://orcid.org/0000-0002-6110-3164>

2. Doutora em Educação pela UFC. Professora no Mestrado Profissional de Ensino de Ciências e Matemática (ENCIMA) e no Mestrado Profissional em Tecnologia Educacional (PPGTE). proluli@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-5838-8736>

1. INTRODUÇÃO

O PNLD foi criado pelo Decreto n. 91.542, de 19 de agosto de 1985, substituindo o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (PLIDEF), com o objetivo de distribuir livros escolares gratuitamente aos estudantes matriculados nas escolas públicas de Ensino Fundamental. É somente a partir do ano de 2004 que se inicia a implementação do programa para o Ensino Médio, com a distribuição de livros de Português e Matemática para alunos de 1º ano das regiões Norte e Nordeste. No entanto, para a disciplina de Química a aquisição dos livros só começa no ano de 2007 e sua distribuição em 2008.

De acordo com o decreto n. 9.099 de julho de 2017, o PNLD é destinado a avaliar e a disponibilizar livros e outros materiais educativos de forma gratuita às escolas das redes municipais, estaduais, federais ou outras sem fins lucrativos que sejam filiadas ao poder público (BRASIL, 2017a).

Esse mesmo decreto anuncia os objetivos do PNLD:

I - Aprimorar o processo de ensino e aprendizagem nas escolas públicas de educação básica, com a consequente melhoria da qualidade da educação;

II - Garantir o padrão de qualidade do material de apoio à prática educativa utilizado nas escolas públicas de educação básica;

III - Democratizar o acesso às fontes de informação e cultura;

IV - Fomentar a leitura e o estímulo à atitude investigativa dos estudantes;

V - Apoiar a atualização, a autonomia e o desenvolvimento profissional do professor; e

VI - Apoiar a implementação da Base Nacional Comum Curricular.

Diante disso, é válido mensurar a importância do processo de avaliação dos livros didáticos que serão distribuídos. O Ministério da Educação (MEC) divulga uma lista de livros aprovados por uma comissão formada por professores e pesquisadores de cada área, que permite ao professor "escolher" entre diferentes abordagens teóricas metodológicas, além de optar por

textos mais próximos da sua realidade, de seus alunos e do projeto político pedagógico da escola.

De acordo com o guia para o PNLD de 2021, os livros de Química devem assegurar a efetiva apropriação das competências e habilidades que estão previstas na BNCC. Dessa forma, para as Ciências da Natureza, a proposta da BNCC é que haja um aprofundamento sobre os seguintes temas: Matéria e Energia, Vida e Evolução, e Terra e Universo (BRASIL, 2018).

O primeiro conjunto de temas "Matéria e Energia" permite o estudo da estrutura da matéria e em "Vida e Evolução" mobiliza conhecimentos conceituais relacionados aos modelos atômicos e subatômicos. Estes estão relacionados com as competências 1 e 2 propostas pela BNCC:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2018).

Além das competências específicas, o documento normativo declara um conjunto de habilidades que o aluno deve desenvolver ao longo de seus anos de estudos na educação básica, dentre elas, as habilidades EM13CNT201 e EM13CNT205 se relacionam com os estudos sobre os modelos atômicos e a estrutura da matéria (BRASIL, 2018).

(EM13CNT201): Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(EM13CNT205): Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências (BRASIL, 2008, p. 557).

Percebe-se, portanto, a necessidade de o aluno desenvolver habilidades investigativas, que os aproximem dos métodos e instrumentos próprios das ciências, reconhecendo suas potencialidades e limitações. Portanto, quando se estuda os modelos atômicos, por exemplo, é primordial que as descobertas que levaram os cientistas a propor seus modelos não sejam apenas expostos ou replicados, mas que possibilitem aos estudantes tirarem suas próprias conclusões e criarem hipóteses sobre os fenômenos estudados.

Diante do exposto, o presente trabalho visa responder o seguinte questionamento: quais modelos os livros didáticos de química, trabalhados nas escolas da rede pública de ensino, abordam para a estrutura do átomo? Para responder a esse questionamento é realizada uma análise de conteúdo dos livros aprovados no PNLD do ano de 2021.

O objetivo deste estudo é identificar a presença do modelo atômico mais recente nos livros didáticos, a forma como este é apresentado e o nível de profundidade dessas abordagens, visto que, o entendimento do modelo atômico atual fornece as bases para o entendimento de como ocorrem as ligações químicas, as disposições espaciais dos átomos nas moléculas e as propriedades químicas das substâncias.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O primeiro modelo proposto para o átomo foi cientificamente iniciado com John Dalton em 1803, retornando com as ideias dos filósofos gregos Leucipo e Demócrito (450 a.C.). Em seus postulados, Dalton tratava o átomo como uma esfera inquebrável e a menor parte da matéria. No entanto, em 1903, os trabalhos de J. J. Thomson com raios catódicos possibilitaram a descoberta de uma "partícula" menor que o átomo, o elétron, desconstruindo toda a ideia criada até então para o átomo.

Essas construções e desconstruções para a estrutura da matéria perpassam por outros cientistas, tais como Hantaro Nagaoka, John William Nicholson, Ernest Rutherford, Niels Bohr (LOPES, 2009), até chegar ao modelo mais recente para o átomo, baseado na Mecânica Quântica, com nomes como Broglie, Planck, Heisenberg e Schrodinger (BROWN, *et al.* 2016).

No entanto, apesar de a própria BNCC normatizar o ensino dos modelos atômicos, há uma controvérsia no que diz respeito ao ensino deste tópico na Educação Básica. Por um lado, alguns profissionais acreditam ser irrelevante ensinar teorias ultrapassadas e que não são mais válidas, como por exemplo, os modelos atômicos anteriores ao desenvolvimento da Mecânica Quântica. Por outro lado, há quem considere que tópicos como orbitais atômicos, presentes no modelo atômico recente, não deveriam ser trabalhados devido ao seu elevado nível de abstração e complexidade (TSAPARLIS, 1997).

Para Baptista (2013), a aprendizagem do modelo atômico atual é essencial, pois fornece as bases para o entendimento da Teoria da Ligação de Valência (TLV), Teoria do Orbital Molecular (TOM) e do modelo de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência, *Valence Shell Electron Pair Repulsion* (VSEPR), que explica a disposição espacial dos átomos, a geometria das moléculas, além de suas propriedades físicas e reatividade.

Em consonância, Lima (2018) afirma que o entendimento dos orbitais atômicos, elementos do modelo atômico atual, favorecem a compreensão da estrutura atômica, ligações e propriedades químicas das substâncias. E como destacam Rocha e Castro (2020), a escola deve trabalhar com tópicos da Química Quântica, visto que, estes fornecem uma compreensão dos avanços tecnológicos atuais e estão presentes na vida do aluno.

Stadler *et al.* (2012) realizaram uma análise dos obstáculos epistemológicos presentes nos livros didáticos de Química aprovados no PNLD de 2012 à luz da obra de Bachelard, e constataram que todos os livros apresentam algum tipo de obstáculo, com destaque para o verbal, que ocorre quando se usam termos do cotidiano como analogias para tentar explicar determinado fenômeno. Segundo os autores, essa prática pode acarretar compreensões errôneas por parte dos alunos, causando um distanciamento da linguagem científica.

Em uma análise da abordagem da Química Quântica nos livros didáticos e paradidáticos de Química do PNLD, Rocha e Castro (2020) verificaram a presença da temática nos seis livros didáticos analisados. Em alguns dos livros, a abordagem ocorreu de forma tímida, já em outros de forma mais articulada. A partir da análise, compreende-se que a teoria mais recente para o átomo

ainda não é apresentada com o mesmo olhar pelos autores/editoras do país.

Rocha (2019) analisou a temática atomística nos seis livros de Química aprovados no PNLD de 2018 com base nas competências e habilidades previstas pela BNCC. Foi verificado que apenas duas obras apresentaram três das quatro habilidades preconizadas pela BNCC para a temática.

3. METODOLOGIA

Nesse artigo é realizado um estudo exploratório bibliográfico do tipo qualitativo, visto que, trata-se de uma análise de conteúdo dos livros aprovados no último PNLD de 2021 que abordam a temática dos modelos atômicos.

De acordo com Denzin e Lincoln (2005), a pesquisa qualitativa é um conjunto de técnicas de interpretação e materiais que tornam o mundo mais "visível", envolvendo uma postura interpretativa de fenômenos por parte do pesquisador.

No ano de 2021, o PNLD aprovou sete obras didáticas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias e reprovou outras seis, o acesso aos livros no formato de "material de divulgação" ocorreu por intermédio da escola a qual um dos autores integra o núcleo de professores.

Neste artigo, analisamos apenas as coleções aprovadas, pois são estas que atualmente estão em uso nas escolas da rede pública de ensino brasileira, com vigência até o ano de 2025. As obras estão restritas àquelas que abordam a temática dos modelos atômicos, ou seja, se a coleção é composta por vários volumes, apenas os que abordam o assunto estão presentes na análise.

É válido mencionar que com a implementação da BNCC, foi necessária uma adequação do currículo escolar. Dessa forma, os componentes curriculares Biologia, Física e Química devem ser trabalhados no formato de área do conhecimento, neste caso, a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Assim, de acordo com a resolução CNE/CP Nº 2 de 22 de dezembro de 2017, em seu artigo 20: "O PNLD deve atender o instituído pela BNCC, respeitando a diversidade de currículos, construídos pelas diversas

instituições ou redes de ensino, sem uniformidade de concepções pedagógicas" (BRASIL, 2017b).

Esta pesquisa se fundamenta na análise de discurso de Laurence Bardin, que define análise de conteúdo como um conjunto de técnicas metodológicas, que se aplicam a uma diversidade de discursos e formas de comunicação, permitindo a inferência de conhecimentos relativos às condições dessas produções (BARDIN, 2011).

Dessa forma, a análise dos livros é dividida em três etapas: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados. Na primeira etapa ocorre o primeiro contato com o material, na qual é realizada uma breve leitura dos textos a serem analisados, criando-se algumas hipóteses, que de acordo com Bardin (2011), são explicações prévias do que se está analisando, afirmações iniciais que podem ser refutadas ou comprovadas na etapa final do trabalho.

Na fase de exploração do material é realizada uma análise mais aprofundada dos textos. Nesta etapa, também são elaboradas a codificação e a categorização dos livros participantes do estudo, de acordo com suas abordagens. Na última etapa é feita a análise dos resultados recorrendo ao referencial teórico utilizado anteriormente, com a finalidade de embasar os estudos acerca dos achados.

Na próxima seção é feita a análise de conteúdo dos livros selecionados, verificando as suas abordagens quanto à temática dos modelos atômicos, a presença e nível de profundidade do modelo mais recente para a estrutura da matéria, baseado na Mecânica Quântica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 é possível visualizar os setes livros selecionados para análise, bem como suas respectivas editoras e autores. Os livros foram retirados das sete coleções aprovadas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no PNLD de 2021.

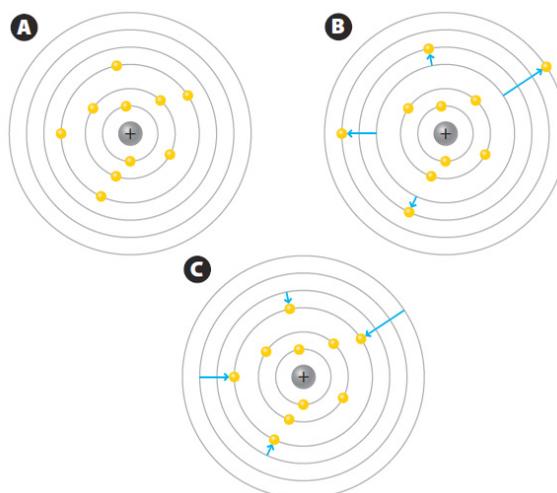
Quadro 1 - Livros selecionados PNLD 2021.

ID	Título	Editora	Autores
01	Ciências da Natureza: Evolução e universo	Moderna	LOPES, S.; ROSSO, S.
02	Conexões: Matéria e energia	Moderna	THOMPSON, M.; RIOS, E. P.; SPINELLI, W.; REIS, H.; SANTANNA, B.; NOVAIS, V. L. D.; ANTUNES, M. T.
03	Diálogo: O universo da ciência e a ciência do universo	Moderna	SANTOS, K. C.; CHINELLATO, E. A.; SILVA, R. A.; KIMURA, M.; FERRARO, A. C. N. S.; FROÉS, A. L. D.; OGO, M. Y.; MICHELAN, V. S.
04	Materiais, Luz e som: Modelos e propriedades	Scipione	MORTIMER, E.; HORTA, A.; MATEUS, A.; PANZERA, A.; GARCIA, E.; PIMENTA, M.; MUNFORD, D.; FRANCO, L.; MATOS, S.
05	Moderna PLUS: O conhecimento científico	Moderna	AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R.; FERRARO, N. G.; PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A.; SOARES, J.; CANTO, E. L.; LEITE, L. C. C.
06	Multiversos: Matéria, energia e a vida	FTD	GODOY, L.; DELL'AGNOLO, R. M.; MELO, W. C.
07	Ser protagonista: Composição e estrutura dos corpos	SM Educação	ZAMBONI, A.; BEZERRA, L. M.; FUKUI, A.; NERY, A. L. P.; AGUILAR, J. B.; CARVALHO, E. G.; LIEGEL, R. M.; AOKI, V. L. M.

Fonte: Elaboração dos autores (2022).

No primeiro volume, o tema é explorado no contexto do tema 2, intitulado "A formação dos átomos", pertencente à unidade 1, denominada "Explorando o Universo e a Vida". O texto inicia abordando a nucleossíntese, um processo derivado da fusão nuclear responsável pela formação dos átomos de uma variedade de elementos químicos. Posteriormente, é apresentada uma seção sobre a estrutura atômica, na qual são mencionados alguns dos cientistas que desempenharam papéis significativos no avanço dos modelos teóricos acerca da estrutura do átomo. No entanto, esses modelos não são amplamente ilustrados, à exceção do modelo de Bohr-Sommerfeld, no qual os elétrons são representados como esferas amarelas em órbitas distintas, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo atômico Bohr-Sommerfeld (livro 01).

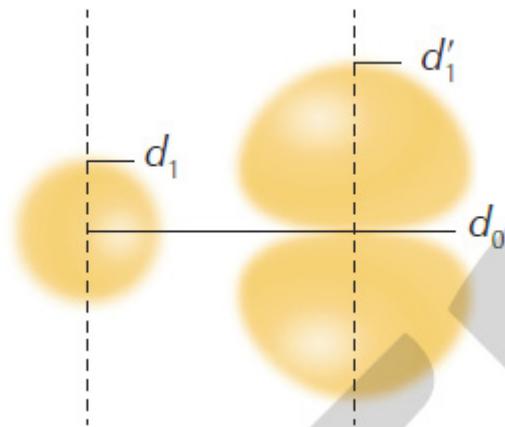


Fonte: Lopes e Rosso (2020).

Os autores abordam de forma breve, o modelo atômico atual, com a conceituação de orbitais (Figura 2) e aplicação nos níveis e subníveis de energia para a configuração eletrônica de um átomo. O texto apresenta

as contribuições dos cientistas Louis de Broglie, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg, Max Born e Linus Carl Pauling.

Figura 2 – Representação de dois orbitais com energias diferentes (livro 01).



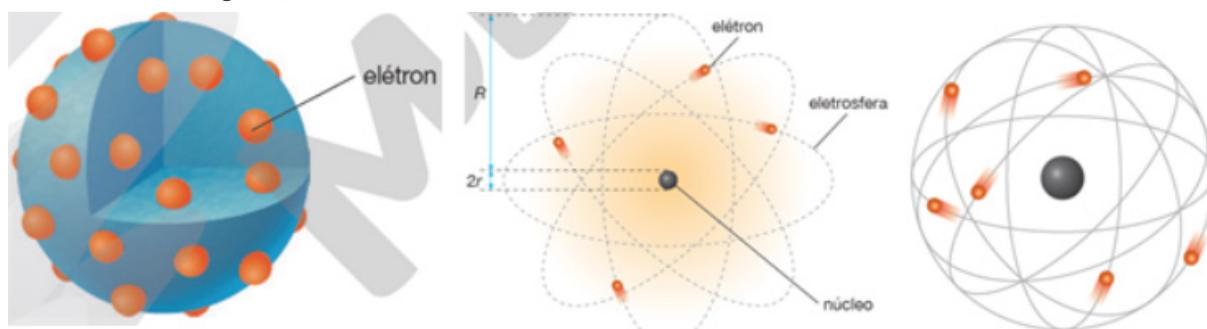
Fonte: Lopes e Rosso (2020).

No livro 02, a temática é tratada no primeiro capítulo, intitulado "O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita". Os autores iniciam com um texto sobre o petróleo, explorando o contexto histórico, formas de extração, refino e craqueamento, para em seguida adentrar no assunto de misturas e seus processos de separação.

o início das abordagens dos modelos atômicos. Os autores iniciam com a teoria atômica de Dalton, seguido do modelo de Thomson, Rutherford e encerrando no modelo de Rutherford-Bohr, todos com ilustrações, com exceção do modelo proposto por Dalton (Figura 3).

Na seção seguinte: "Do que os materiais são constituídos", um breve texto prepara terreno para

Figura 3 - Modelos atômicos Thomson, Rutherford e Rutherford-Bohr (livro 02).

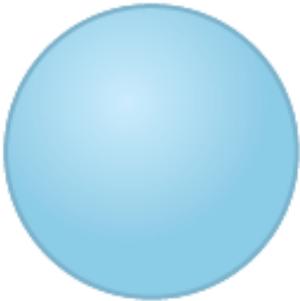
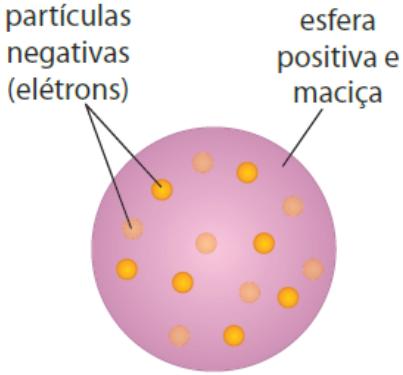
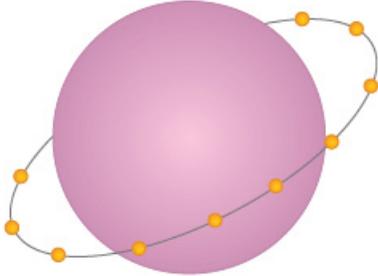
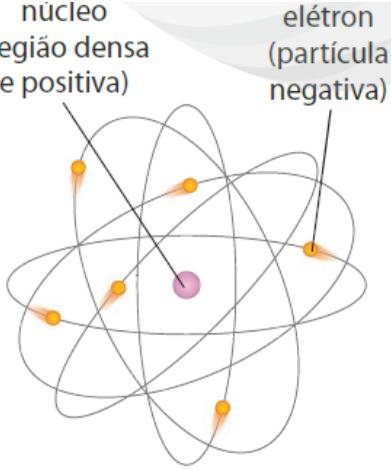


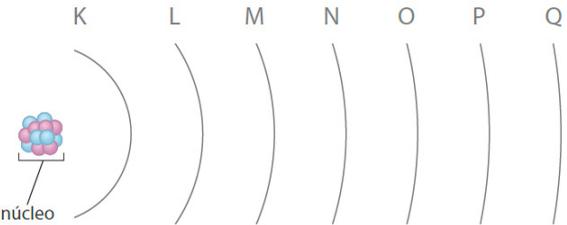
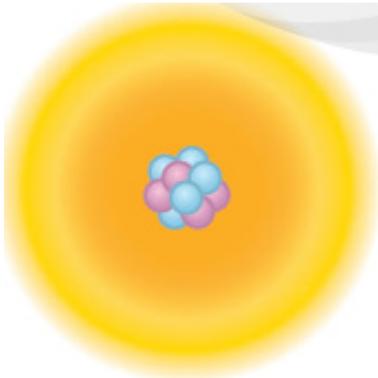
Fonte: adaptado de Thompson *et al.* (2020).

O livro 03 traz o estudo dos modelos atômicos em seu capítulo 2 "Organizando a matéria", que inicia tratando da origem dos elementos químicos desde o *Big Bang* à expansão do universo, momento em que aborda alguns fundamentos da cosmologia. Na última seção "Teorias atômicas", os autores trabalham a ideia de átomo, iniciando o conceito com os filósofos Pré-Socráticos

Leucipo de Mileto (480 a.C.-420 a.C.) e Demócrito de Abdera (460 a.C.-370 a.C.) até a teoria atômica atual, com destaque para o modelo "saturniano" proposto pelo japonês Hantaro Nagaoka em 1904, que pouco aparece nos livros didáticos (Quadro 2).

Quadro 2 – Modelos atômicos (livro 03).

Modelo atômico	Representação
Dalton	
Thomson	
Nagaoka	
Rutherford	

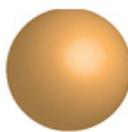
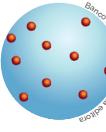
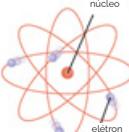
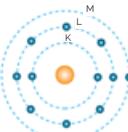
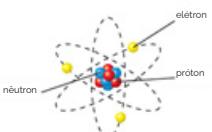
Bohr	
Mecânica Quântica	

Fonte: adaptado de SANTOS *et al.* (2020).

O livro 04 inicia suas discussões sobre os modelos atômicos em seu capítulo 3 “Modelos atômicos e propriedades dos materiais”, em que aborda a construção dos modelos de Dalton, Thomson e Rutherford, fazendo um paralelo com a eletrização

e força elétrica, assunto comumente abordado pela Física. O capítulo também apresenta um infográfico com uma espécie de linha cronológica desde a ideia de átomo surgida na Grécia antiga ao modelo atômico atual, adaptado no Quadro 3.

Quadro 3 - Modelos atômicos (livro 04).

Modelo atômico	Dalton	Thomson	Rutherford	Bohr	Rutherford/Bohr/Chadwick	Mecânica Quântica
Representação						

Fonte: adaptado de Mortimer *et al.* (2020).

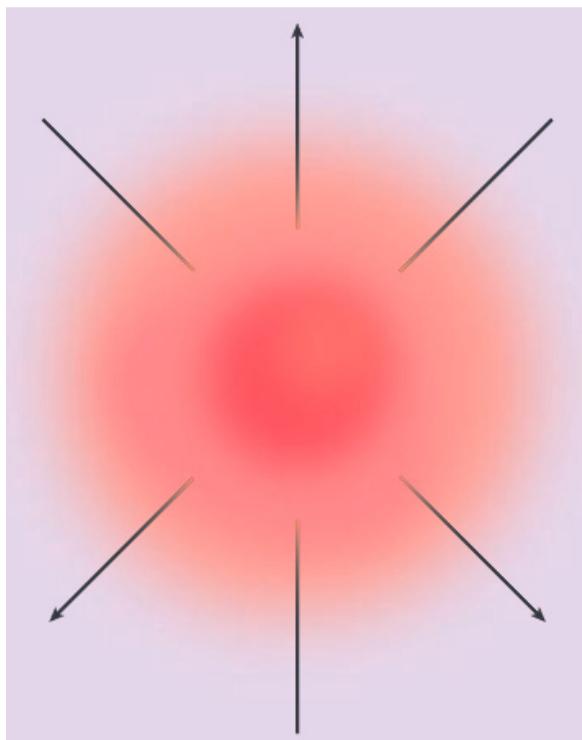
Em seu capítulo 6 “O surgimento da tabela periódica, o modelo atômico de Böhr e níveis de energia” a discussão sobre a evolução dos modelos atômicos continua com a apresentação do modelo de Bohr, que é utilizado para explicar as propriedades periódicas dos elementos químicos na tabela proposta por Dmitri Mendeleev no século XIX.

No capítulo 7 a temática volta a prevalecer com o modelo atômico atual, baseado na Mecânica Quântica. Para tratar desse modelo, os autores iniciam as discussões

com um texto que aborda a presença da Física Quântica no nosso cotidiano, em seguida é apresentada a ideia de dualidade onda-partícula do elétron, e na sequência o modelo quântico para o átomo.

Os autores trabalham com a ideia de orbitais a partir dos resultados da equação de Schrödinger (Figura 4), relacionando-os com os números quânticos, distribuição eletrônica por níveis e subníveis de energia, elétrons de valência e a organização da tabela periódica.

Figura 4 - Representação do orbital 1s no livro 04.

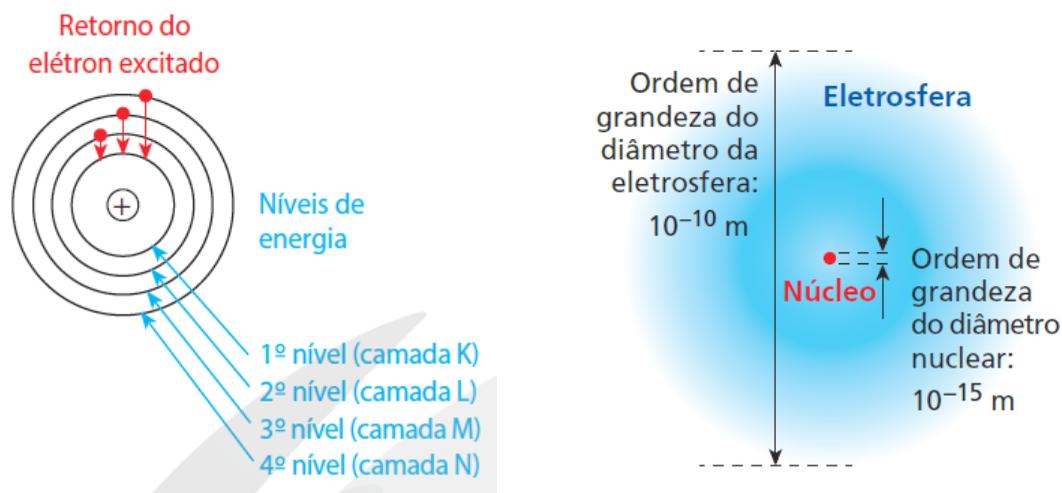


Fonte: Mortimer *et al.* (2020).

No livro 05, as discussões sobre os modelos atômicos iniciam no capítulo 3 “Elementos, substâncias e reações químicas” com a teoria atômica de Dalton. A seção evidencia os postulados propostos por Dalton e apesar de apresentar algumas moléculas em que os átomos são esferas, não ilustra uma representação para o modelo de Dalton.

No capítulo seguinte, as discussões sobre modelos atômicos são sequenciadas com o modelo atômico de Thomson, Rutherford e Bohr, e o modelo atômico “mecânico-quântico”, intercalados por textos sobre elementos químicos, tabela periódica e distribuição eletrônica. Apenas os modelos de Bohr e o mecânico-quântico possuem ilustrações na obra (Figuras 5).

Figura 5 - Modelo atômico de Bohr e o modelo atual (livro 04).

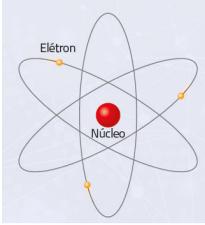
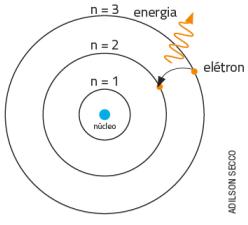


Fonte: Amabis *et al.* (2020).

O livro 06 aborda o assunto em seu capítulo/tema "Átomos". Os autores iniciam explorando a definição da palavra "modelo", para isso apresentam várias representações para uma árvore e definem modelos na ciência como "interpretações de objetos ou fenômenos reais que facilitam a apropriação e a construção de saberes científicos" (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020, p. 60).

Os autores apresentam os modelos atômicos por meio de um infográfico cronológico que se inicia com os filósofos gregos e é finalizado com a descoberta do nêutron por James Chadwick em 1932. No infográfico aparecem três representações de modelos atômicos, o de Dalton, de Rutherford e de Bohr (Quadro 4).

Quadro 4 - Modelos atômicos (livro 06).

Modelo atômico	Dalton	Rutherford/Bohr/Chadwick	Mecânica Quântica
Representação			

Fonte: adaptado de Godoy, Dell'Agnolo e Melo (2020).

O livro 7 começa a tratar sobre o assunto em seu capítulo 2 "Modelos atômicos e características dos átomos" a partir de um texto sobre os raios x e suas aplicações. Em seguida, os autores apresentam os modelos atômicos

de Dalton e Thomson. Para o modelo de Dalton, os autores destacam os vários tipos de átomos, com símbolos diferentes (Figura 6).

Figura 6 – Representação de elementos químicos por Dalton (livro 07).

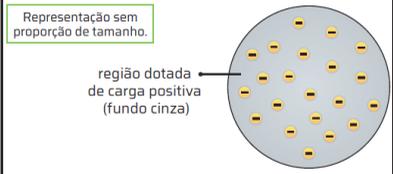
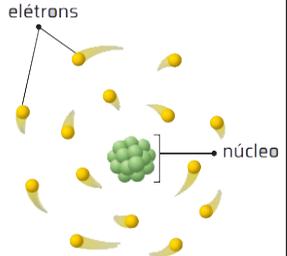
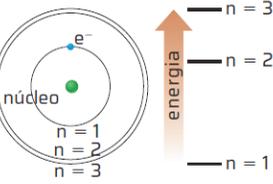


Fonte: Filgueiras, C. A. (2004) *apud* Zamboni, A. *et al.* (2020).

Na sequência, uma nova subseção trata do modelo de Rutherford, relacionando este com as "partículas fundamentais", próton, nêutron e elétron, e com os números atômicos e de massa, definindo elemento químico, substância simples e composta. Em outra

subseção, os autores destacam o modelo Rutherford-Bohr como uma reelaboração para o modelo de Rutherford, após evidenciar falhas e fenômenos que este último não explicava, como o espectro atômico (Quadro 5).

Quadro 5 - Modelos atômicos (livro 07).

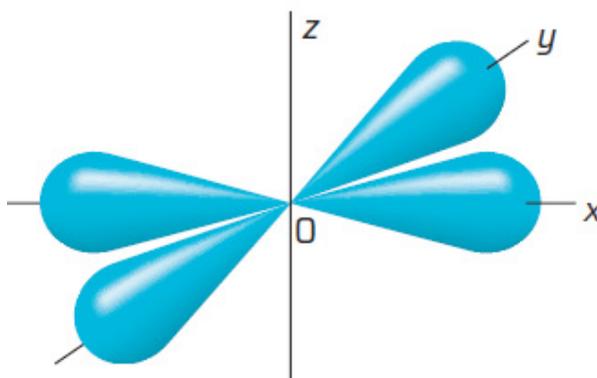
Modelo atômico	Thomson	Rutherford	Rutherford-Bohr
Representação			

Fonte: adaptado de Zamboni *et al.* (2020).

O capítulo seguinte, "Física Quântica", traz abordagens sobre a radiação de corpo negro, efeito fotoelétrico, dualidade onda-partícula, princípio da incerteza, *spin* e partículas elementares. Neste capítulo, os autores

apresentam uma "possível" representação para o átomo de hidrogênio, por meio de um orbital baseado nesses fundamentos (Figura 7).

Figura 7 – Possível representação do átomo de hidrogênio, modelo atômico atual (livro 07).



Fonte: Zamboni *et al.* (2020).

A análise dos livros expostos resultou em três categorias, a primeira engloba obras que não abordam o modelo atômico atual, baseado na Mecânica Quântica; a segunda categoria são os livros que citam de um

modelo atômico atual de forma breve; e, a terceira categoria são os livros que tratam o modelo de forma mais aprofundada (Quadro 6).

Quadro 6 – Categorização dos livros analisados.

ID	Categoria	Livros incluídos
1	Não aborda o modelo atômico atual	02 e 06
2	Cita o modelo atômico atual	01 e 07
3	Aborda o modelo atômico atual	03, 04 e 05

Fonte: autores (2022).

Do total de livros analisados, 71,4% faz menção ao modelo mais recente para a estrutura da matéria, enquanto 28,6% finalizam as discussões sobre o assunto com os trabalhos de Niels Bohr. Estes dados demonstram que as discussões trazidas por Tsarparlis

em 1997 sobre a controvérsia de se ensinar este tópico nos cursos de Química perduram até os dias atuais no Ensino Médio, enquanto alguns autores consideram necessária a abordagem deste modelo, outros nem

mesmo o citam, dando a ideia de que os átomos ainda são explicados pela física clássica.

É fato que as abordagens trazidas nos livros de Ensino Médio são apenas breves interpretações matemáticas obtidas a partir da Mecânica Quântica, isso porque até mesmo alguns livros universitários evitam se aprofundar na densidade dos cálculos por trás do modelo. De acordo com Baptista (2013), os próprios cientistas, muitas vezes, possuem dificuldades de interpretar o significado físico das equações provenientes da Mecânica Quântica

Sobre as habilidades EM13CNT201 e EM13CNT205 elencadas na BNCC (BRASIL, 2018) que necessitam serem desenvolvidas pelo aluno no estudo deste tópico, verificou-se que todas as obras preocupam-se com a tarefa, algumas apresentam as próprias habilidades no começo de cada seção e no manual do professor. No entanto, constatar se de fato as habilidades são desenvolvidas foge do escopo deste trabalho bibliográfico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sete livros pertencentes às coleções aprovadas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no PNLD de 2021 foram objeto de análise neste estudo. A investigação permitiu classificar os livros em três categorias distintas. A primeira categoria, representou 28,6% do total, e incluiu obras que não faziam menção ao modelo atômico atual. A segunda categoria, também com 28,6%, consistiu em livros que abordavam o modelo de forma sucinta. Por fim, a terceira categoria englobou livros que apresentavam o modelo atômico de maneira mais detalhada, totalizando 42,8% das obras analisadas.

Diante disso, foi verificado que a maior parte dos livros (71,4%) trazem uma abordagem do modelo atômico atual, de forma breve em algumas das obras e em outras de forma mais aprofundada, o que demonstra que os autores concordam com a importância de se introduzir o modelo no Ensino Médio, mesmo sem apresentar a equação de Schrödinger, base matemática que fundamenta a proposta da Mecânica Quântica.

Verificou-se também uma preocupação dos autores das obras em alinhar a prática do professor ao desenvolvimento de competências e habilidades

preconizadas pela BNCC. Por conseguinte, o presente trabalho pode eventualmente contribuir para outras pesquisas no que se refere à abordagem dos modelos atômicos, visto que, os dados obtidos nesta pesquisa puderam fornecer uma compreensão geral de como este tópico vem sendo abordado no Ensino Médio.

É importante ressaltar, no entanto, que apesar de o livro didático ainda ser uma das principais fontes de apoio ao professor, isso não significa que as abordagens dos modelos atômicos serão realizadas tal qual apresentam os livros didáticos. Outra limitação desta pesquisa, por se tratar de um trabalho bibliográfico, é a impossibilidade de constatar se as habilidades mencionadas pelos autores ao longo dos capítulos são, de fato, desenvolvidas pelos alunos a partir das abordagens sugeridas.

Portanto, sugere-se para futuras pesquisas a realização de estudos que investiguem o desenvolvimento de habilidades por parte dos alunos a partir da resolução de situações-problema apresentadas nos livros didáticos.

REFERÊNCIAS

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. 229 p.

BRASIL. Decreto n. 9.099 de julho de 2017. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, n. 137, p.7. 17 jul. 2017a. Seção 1.

BRASIL. Resolução CNE/CP nº 2, de 22 de dezembro de 2017. Institui e orienta a implantação da Base Nacional Comum Curricular, a ser respeitada obrigatoriamente ao longo das etapas e respectivas modalidades no âmbito da Educação Básica. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, nº 2, p. 41, 22 dez. 2017b.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.; MURPHY, C. J.; WOODWARD, P. M.; STOLTZFUS, M. W. **Química**: a ciência central. 13 ed. São Paulo: Pearson, 2016. 1188 p.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **O planejamento da pesquisa qualitativa**: teorias e abordagens. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, 432 p.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica**. 2009. 173 p. Tese (Doutorado em História da Ciência) - Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.

ROCHA, I. B. S. **Análise do conteúdo atomística nos livros didáticos de química do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD 2018)**. 2019. 32 f. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

ROCHA, G. S.; CASTRO, D. L. A presença da Química Quântica em livros e recursos didáticos. **ReLAPEQ**, v. 4, n. 1, p. 142-166, 2020. DOI 10.30705/eqpv.v4i1.2282. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/2282>. Acesso em: 01 out. 2022.

STADLER, J. P.; JÚNIOR, F. S. S.; GEBARA, M. J. F.; HUSSEIN, F. R. G. S. Análise de obstáculos epistemológicos em livros didáticos de química do ensino médio do PNLD de 2012. **HOLOS**, v. 2, p. 234-243. DOI 10.15628/holos.2012.863. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/holos/article/view/863>. Acesso em: 02 out. 2022.

TSAPARLIS, G. Atomic Orbitals, Molecular Orbitals and Related Concepts: Conceptual Difficulties Among Chemistry Students. **Research in Science Education**, v. 27, n. 271, p. 271-287, 1997. DOI 10.1007/BF02461321. Disponível em: <https://rdcu.be/cPrzf>. Acesso em: 25 set. 2022.