

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA

LUCAS MACEDO VERGANI

**DESAFIOS EPISTEMOLÓGICOS DOS PROJETOS
INTEGRADORES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NA ABORDAGEM
DA TABELA PERIÓDICA E DAS PROPRIEDADES PERIÓDICAS**

PORTO ALEGRE
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA

LUCAS MACEDO VERGANI

**DESAFIOS EPISTEMOLÓGICOS DOS PROJETOS
INTEGRADORES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NA ABORDAGEM
DA TABELA PERIÓDICA E DAS PROPRIEDADES PERIÓDICAS**

Trabalho de conclusão apresentado junto à
atividade de ensino “Trabalho de Conclusão
de Curso - QUI” do Curso de Química, como
requisito para a obtenção do grau de
Licenciado em Química
Orientadora: Profª. Dra. Rochele Loguercio

PORTO ALEGRE
2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à minha mãe, Elina Macedo Ferreira, e ao meu pai, Sisnei Antônio Vergani, por sempre terem apoiado a minha ideia de me mudar para Porto Alegre para fazer minha graduação na UFRGS. Foram os principais viabilizadores desta graduação, tendo sempre me dado apoio moral e também financeiro quando foi preciso. Mesmo com a conclusão do curso levando anos a mais do que era inicialmente planejado, devido a diversos fatores, sempre se mostraram pacientes e continuaram acreditando em mim, possibilitando que eu finalmente encontrasse o meu caminho acadêmico e profissional. Antes de me encontrar na Licenciatura em Química, eu me senti deslocado em outros cursos, no de técnico em mecatrônica, que eu abandonei na metade, ainda durante o Ensino Médio, e também no curso de química industrial, mas meus pais sempre estiveram lá por mim me apoiando sempre que eu precisei deles. Também gostaria de agradecer à minha avó, Anna Bertin Vergani, por todas as lasanhas, panquecas e doces preparados para que eu levasse de volta para Porto Alegre após os meus retornos a Caxias do Sul, e ao restante da família que também se mostrou paciente e me apoiou nesta jornada da graduação.

Agradeço também à minha orientadora, a professora doutora Rochele Loguércio por ter me mostrado o universo da filosofia da ciência e ter me ajudado a me livrar dos resquícios de positivismo que eu ainda carregava comigo quando fui inicialmente seu discente. Também agradeço a ela por ter me inspirado a fazer este trabalho e me auxiliado durante a sua realização, e também aos professores doutores Maurícus Pazinato, Daniele Raupp e Camila Passos por terem me orientado durante os três estágios obrigatórios.

Aos meus pais de Santo, Edson Ramires e Fabiana Delfino, e a todos os meus irmãos de Santo do Ylê de Xapanã e Ogum, por terem me mostrado um caminho religioso que eu nunca pensei que fosse vir a trilhar, mas que me ajudou muito a não perder a direção nos momentos mais difíceis da minha vida, e também ao meu Pai Oxalá e às minhas entidades, em especial ao exu Maré e ao caboclo Ogum Sete Espadas, meus frenteiros, por sempre terem me protegido aonde quer que eu estivesse e sempre terem me mostrado um caminho de luz e clareza.

A todas as pessoas extraordinárias que eu conheci em Porto Alegre, que fizeram com que eu me sentisse querido e amado, e sempre me deram apoio durante essa jornada que foi marcada por diversos percalços e que jamais teria sido percorrida sem a presença delas na minha vida. Meu obrigado especial vai para a Luiza Ramos, a Lucky; para o Flávio Peres, o Pug; para o Marcelo Andrejew da Silva, o Papel, e para o Fernando Lautert, que dividiram o

mesmo teto comigo durante todo o período da pandemia de Covid-19, na casa que foi carinhosamente batizada por nós de República Autônoma da Vilinha. Contar com a companhia deles durante esse momento de isolamento tão difícil para todos nós foi fundamental para que eu me mantivesse física e mentalmente são. Vou lembrar pelo resto da minha vida dos anos em que vivemos juntos como um momento feliz da minha juventude.

Deixo também meu obrigado à Anna Hens e à Maria Isabel de Sousa, do After School Annabel, pela oportunidade de estágio nestes últimos dois anos, e novamente à Lucky, que me indicou para elas. Esse estágio permitiu que eu finalmente colocasse em prática todos os conhecimentos obtidos na graduação, criasse vínculos com e desenvolvesse o potencial de estudantes fantásticos, e também permitiu que eu sanasse todas as dúvidas residuais a respeito da minha vocação como professor. O período que passei trabalhando no After School Annabel foi fundamental para minha formação como docente e lembrarei dele pelo resto da minha trajetória.

RESUMO

O Plano Nacional do Livro Didático (PLND) de 2021, que foi resultado da publicação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), trouxe mudanças significativas na elaboração dos livros didáticos para educação básica, evidenciadas pela unificação do material didático que antes era separado em livros de química, física e biologia em Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. O trabalho aqui desenvolvido teve como objetivo principal realizar uma análise de conteúdo de cinco coleções didáticas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovadas pelo PNL 2021, para verificar nelas a existência de eventuais obstáculos epistemológicos, conceito cunhado pelo filósofo da Ciência Gaston Bachelard, nos trechos referentes ao ensino da Tabela Periódica dos elementos químicos e das propriedades periódicas. Além disso, também foi observada a profundidade do conteúdo destinado à explicação de aspectos da tabela, como a explicação de seu formato determinado pelos subníveis de energia dos orbitais eletrônicos e como os materiais didáticos analisados retratavam a História da Ciência e as rupturas epistemológicas que ocorreram desde as primeiras tentativas de organização dos elementos químicos até o formato atual da Tabela Periódica. Os resultados da análise indicam que houve uma preocupação ativa dos autores das coleções em não incorrer em obstáculos epistemológicos, mas que, em algumas coleções, essa preocupação não garantiu uma abordagem adequada dos conteúdos alvos deste trabalho, pois devido a natureza mais resumida dos novos materiais didáticos, três das coleções não fizeram qualquer menção às propriedades periódicas nos livros destinados aos estudantes. Esta omissão limita o entendimento destes sobre a relevância da Tabela Periódica e a riqueza das informações contidas nela, e pode levar a comprometer também o entendimento sobre outros tópicos da química que venham a ser estudados posteriormente.

Palavras chave: Tabela Periódica; propriedades periódicas; Base Nacional Comum Curricular; Plano Nacional do Livro Didático; obstáculos epistemológicos; análise de conteúdo.

ABSTRACT

The Plano Nacional do Livro Didático (PLND) (National Textbook Plan) of 2021, which resulted from the publication of the Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Common National Curriculum Base), brought significant changes to the development of textbooks for Basic Education. These changes are evidenced by the unification of didactic material that was previously separated into Chemistry, Physics, and Biology books into Integrating Projects of Natural Sciences and Their Technologies. The present work aimed to conduct a content analysis of five didactic collections of Natural Sciences and Their Technologies approved by the PLND 2021 to verify the existence of possible epistemological obstacles, a concept coined by the philosopher of science Gaston Bachelard, in the sections related to the teaching of the Periodic Table of Chemical Elements and periodic properties. In addition, the depth of the content intended to explain aspects of the table, such as the explanation of its format determined by the energy sublevels of electronic orbitals, and how the analyzed teaching materials portray the History of Science and the epistemological ruptures that occurred from the first attempts to organize chemical elements to the current format of the Periodic Table, were also observed. The analysis results indicate that the authors of the collections actively sought to avoid epistemological obstacles. However, in some collections, this concern did not guarantee an adequate approach to the target content of this study. Due to the more concise nature of the new teaching materials, three of the collections did not make any mention of periodic properties in the books intended for students. This omission limits students' understanding of the relevance of the Periodic Table and the abundance of information it contains and may also compromise their understanding of other chemistry topics that may be studied later.

Key-words: Periodic Table; periodic properties; Common National Curriculum Base; National Textbook Plan; epistemological obstacles; content analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- Variação da primeira energia de ionização em função do número atômico.....	16
FIGURA 2- Escalas de eletronegatividade.....	17
FIGURA 3- Ilustração e legenda de um diagrama de níveis de energia.....	31
FIGURA 4- tabela onde é informado que o número atômico do Be é 2.....	39
FIGURA 5- Diagrama ilustrando a distribuição eletrônica do cézio.....	40
FIGURA 6- Ilustração e legenda do modelo mecânico quântico.....	50
FIGURA 7- Exercício retirado da coleção Diálogo com o gabarito que consta na edição do professor.....	57
FIGURA 8-Ilustração demonstrando a incongruência física do modelo de Rutherford.....	61
FIGURA 9- Representação dos subníveis de energia do elétron a partir dos números quânticos.....	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	9
2	OBJETIVOS.....	11
	2.1 Objetivo geral.....	11
	2.2 Objetivos específicos.....	12
3	APORTES E REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	12
	3.1 O desenvolvimento da Tabela Periódica no processo histórico.....	12
	3.2. As propriedades periódicas.....	14
	3.3 Gaston Bachelard e os obstáculos epistemológicos.....	18
	3.3.1 O obstáculo verbal.....	20
	3.3.2 O obstáculo substancialista.....	21
	3.3.3 O obstáculo animista.....	23
	3.4 Os livros didáticos de Ciências da Natureza e a Base Nacional Comum Curricular.....	24
4	METODOLOGIA.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
	5.1 Ciências da Natureza- Lopes & Rosso.....	29
	5.1.1 Tema 2 da unidade 1 do volume 1.....	29
	5.1.2 Tema 4 da unidade 1 do volume 1.....	36
	5.1.3 Conclusões sobre a obra <i>Lopes & Rosso</i>	36
	5.2 Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias.....	38
	5.2.1 Conclusões sobre a obra <i>Conexões</i>	43
	5.3 Moderna Plus- Ciências da Natureza e suas Tecnologias.....	44
	5.3.1 Capítulo 4.....	44
	5.3.2 Capítulo 9.....	51
	5.3.3 Conclusões sobre a obra <i>Moderna Plus</i>	51
	5.4 Diálogo- Ciências da Natureza e suas Tecnologias.....	53
	5.4.1 Conclusões sobre a obra <i>Diálogos</i>	59
	5.5 Matéria, Energia e Vida.....	60
	5.5.1 Capítulo 6.....	61
	5.5.2 Capítulo 7.....	66
	5.5.3 Conclusões sobre a obra <i>Matéria, Energia e Vida</i>	70
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
	ANEXO A - BNCC- CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO: COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS E HABILIDADES.....	78

1-INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A Base Nacional Comum Curricular tem sido sistematicamente analisada tanto por estudantes de licenciatura quanto por professores da formação e especialistas do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), assim como os materiais didáticos que são produzidos massivamente com a finalidade de atender as demandas legais enfatizadas pela referida base. Projetando contribuir com essas pesquisas e, ao mesmo tempo, viabilizar um olhar aprofundado sobre um dos conceitos/conteúdos mais reconhecidos e mais interessantes da disciplina de química em qualquer nível de ensino, é que organizamos este projeto para construção de um trabalho de conclusão de curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A nossa perspectiva enfatizará detalhes da produção didática dos livros pertencentes ao PNLD frente às ideias filosóficas construídas por Gaston Bachelard e que ainda hoje, se apresentam como referências para a didática da química. O diferencial desse trabalho está em buscar correlações, intencionalidades, constituições, obstáculos e a construção do conhecimento sobre a tabela frente às demandas do ensino da Tabela Periódica nos Livros Didáticos pós BNCC

O estudo da Tabela Periódica e das propriedades periódicas dos elementos químicos, sobretudo o da eletronegatividade, pode ser considerado como uma “pedra angular” para uma compreensão plena de inúmeros conceitos da química por parte dos estudantes da Educação Básica, pois a tabela mantém em contato dois pontos importantíssimos que as teorias de aprendizagem em ciências e, em nosso caso, do ensino química já estabeleceram desde os pressupostos cognitivistas, qual seja, o contato entre o microcosmos das evidências empíricas e os conceitos teorizados a partir de tais evidências. Há na tabela uma potência do elemento em que se pode, inclusive, construir com materiais visíveis como ferro, ouro, a maioria dos metais, etc. essa ação, de construir com elementos visíveis uma Tabela Periódica, estabelece um ponto de contato entre a química teórica e a química prática. Por outro lado, as propriedades periódicas remetem as ligações, reações, conexões atômicas, reações de oxirredução, interações intermoleculares e, por consequência, o estudo das propriedades macroscópicas dos elementos e compostos químicos (LODI, 2019; SANTOS, SILVA e WARTHA, 2011) o que nos leva às mais altas teorias e abstrações. A ausência de um entendimento satisfatório sobre estes conteúdos/conceitos acaba por comprometer também o entendimento sobre a própria química.

Tendo em vista o alto nível de abstração desses conteúdos, e também a falta de intimidade que os estudantes possuem com o universo da química no momento em que são expostos a eles, muitas vezes os professores encontram dificuldades no ato de ensinar sobre a

Tabela Periódica e suas propriedades para os seus educandos, tomando-as como jogos, memorizações e truques para um pseudo entendimento. A ligação possível entre o mundo macro, micro e abstrato da química, habita a tabela, colocando nela uma possibilidade imensa de cometer obstáculos epistemológicos na perspectiva de Bachelard, tais com realismo, animismo, substancialismo

Os livros didáticos disponíveis, por sua vez, também acabam trazendo abordagens que não são as mais adequadas, não dando enfoque na construção do conceito da Tabela Periódica e das propriedades periódicas no processo histórico, e se atendo ao estudo das propriedades periódicas através de diagramas que ilustram o sentido no qual elas crescem e decrescem, sem se preocuparem em fornecer uma explicação clara sobre os motivos dessas variações ou sobre as relações diretas que elas possuem entre si. (GODOY e MESQUITA, 2012). Ainda ao que se refere ao processo histórico que, eventualmente, constitui o ensino da tabela, este se reduz à genialidade de Mendeleiev e sua personalidade forte.

Os fatores citados acima fazem com que, muitas vezes, o ensino da tabela e das propriedades periódicas seja permeado pelo surgimento de “obstáculos epistemológicos” na mente dos estudantes, em suas tentativas de assimilar e dar significado a esses conteúdos. O termo “obstáculo epistemológico” foi cunhado pelo filósofo e químico francês Gaston Bachelard, em seu livro *A Formação do Espírito Científico* (1996), publicado originalmente em 1934. Nele, Bachelard define o obstáculo epistemológico como uma resistência ao conhecimento científico gerada por um apego às noções e às opiniões prévias que aqueles que se debruçam sobre um determinado tema já possuem antes de iniciar os seus estudos. Esses obstáculos podem ser percebidos tanto no desenvolvimento histórico do pensamento científico quanto na educação básica e superior. Para Bachelard, para se chegar a um conhecimento verdadeiramente científico, é necessário um rompimento com as opiniões prévias e com o senso comum:

A opinião pensa mal; não pensa: traduz necessidades em conhecimentos. Ao designar os objetos pela utilidade, ela se impede de conhecê-los. Não se pode basear nada na opinião: antes de tudo, é preciso destruí-la. Ela é o primeiro obstáculo a ser superado. Não basta, por exemplo, corrigi-la em determinados pontos, mantendo, como uma espécie de moral provisória, um conhecimento vulgar provisório. O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza. (Bachelard, 1996: 18)

Em sua obra, Bachelard divide os obstáculos epistemológicos em diferentes categorias: o *obstáculo da experiência primeira*, o *obstáculo do conhecimento geral*, o *obstáculo do conhecimento unitário*, o *obstáculo substancialista*, o *obstáculo verbal*, o *obstáculo realista* e o *obstáculo animista*. Neste trabalho, de análise de livros de Ciências da Natureza presentes no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), será dado um enfoque na busca, sobretudo, pelos obstáculos verbais e animistas, que serão posteriormente tratados em maiores detalhes.

O PNLD é um programa do Governo Federal que tem como objetivo adquirir e distribuir livros didáticos para escolas públicas de Educação Básica de todo o país. Devido a sua magnitude, possui um orçamento anual bilionário, com investimento de mais de 2 (dois) bilhões de reais na compra de mais de cento e noventa e quatro milhões de exemplares somente em 2024, sendo, destes, mais de 190 (cento e noventa) milhões de reais destinados à compra de 6 (seis) milhões de exemplares para o Ensino Médio. (BRASIL, 2024). Dada a importância dessa política pública para a Educação Básica Brasileira, é de interesse público que as obras selecionadas passem pelo escrutínio de pesquisadores da área da educação, para analisar se elas oferecem aos estudantes uma abordagem conceitual adequada dos assuntos tratados.

Neste trabalho, será realizada uma análise de conteúdo categorial (BARDIN, 1977) das seções que tratam sobre a Tabela Periódica e as propriedades periódicas dos elementos químicos de livros didáticos da área de Ciências da Natureza do Ensino Médio aprovados pelo PNLD vigente a fim de identificar a existência ou não de obstáculos epistemológicos, tendo em vista que esses assuntos se constituem em pré-requisitos fundamentais para o entendimento dos demais tópicos que devem ser abordados no currículo de Química na Educação Básica.

2- OBJETIVOS

2.1- OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é analisar livros de Ciências da Natureza aprovados pelo PNLD com a proposta de identificar a presença de obstáculos epistemológicos que possam interferir na construção de conceitos na abordagem sobre a Tabela Periódica e propriedades periódicas, tanto em seus elementos verbais quanto visuais.

2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I-Analisar a profundidade do conteúdo destinado à explicação de aspectos da Tabela Periódica, como a explicação de seu formato determinado pelos subníveis de energia dos orbitais eletrônicos e os números quânticos.

II- Observar se os livros didáticos analisados abordam a Tabela Periódica a partir dos eventos históricos que levaram ao seu formato atual de forma adequada.

III- Analisar como os livros didáticos selecionados explicam as variações das propriedades periódicas entre os elementos químicos, se é de forma bem fundamentada ou se a abordagem é meramente memorística.

IV- Analisar se as relações entre as propriedades periódicas são explicadas de maneira aprofundada e satisfatória.

3- APORTES E REFERENCIAIS TEÓRICOS

3.1- O desenvolvimento da Tabela Periódica no processo histórico

No final do século XVIII, o aumento do número de elementos químicos identificados levou os cientistas da época a pensarem em formas de organizá-los sistematicamente, de acordo com suas características e propriedades químicas. Lavoisier publicou, em seu conhecido livro Tratado Elementar de Química, uma tabela contendo os 33 elementos conhecidos até então, dividindo-os em gases, metais, não-metais e terras. No início do século XIX, John Dalton, que elaborou o primeiro modelo atômico moderno, realizou uma tentativa de agrupar os elementos por ordem crescente de massa atômica buscando encontrar algum padrão, porém não obteve muito sucesso, já que elementos com propriedades semelhantes possuíam grande diferença de massa atômica. (OLIVEIRA et al, 2015).

Ao longo do século XIX, outros cientistas, como Johann Döbereiner, com as suas tríades, propuseram formas de organizar elementos a partir de suas propriedades e massas atômicas. As tríades de Döbereiner consistiam em trios de elementos que possuíam propriedades químicas semelhantes na qual a massa atômica do segundo elemento era uma média aproximada da massa do primeiro e do terceiro. As tríades foram um importante passo na tentativa de categorização e organização sistemática dos elementos químicos, porém eram apenas capazes de agrupar uma fração dos elementos químicos descobertos até então. (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997). Em 1864, o químico inglês John Newlands observou que, ao organizar os elementos conhecidos em ordem crescente de massa atômica, propriedades similares se repetiam a cada oito elementos, como as notas em uma

escala musical. Ele chamou essa regularidade de Lei das Oitavas. No entanto, sua ideia enfrentou críticas, pois funcionava bem apenas para os elementos mais leves e falhava com elementos mais pesados, que atualmente são classificados como elementos de transição, cujas propriedades não seguiam o padrão estritamente. Sua proposta foi considerada revolucionária para a época, por estabelecer relações entre os elementos que seriam posteriormente conhecidos como elementos representativos, embora inicialmente tenha sido rejeitada pela comunidade científica, que achou o conceito de "oitavas" muito simplista e até mesmo risível. (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997).

Após o estabelecimento do conceito de peso atômico, uma das primeiras tentativas de organização dos elementos a partir dessa propriedade foi o parafuso telúrico, elaborado pelo geólogo e mineralogista francês Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois em 1862. Ele organizou os elementos em uma hélice (ou espiral) traçada em torno de um cilindro, também em ordem crescente de massa atômica. Quando a hélice era projetada no plano, elementos com propriedades químicas semelhantes apareciam alinhados verticalmente. Chancourtois, por ser um mineralogista, não incluiu apenas elementos químicos na sua relação, mas também óxidos, ácidos, ligas e outros compostos minerais, o que fez com que seu método não fosse amplamente adotado pela comunidade química da época (TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997).

Foi somente no final da década de 1860 que surgiram propostas de organização dos elementos semelhantes à tabela atual, com os trabalhos de Julius Lothar-Meyer e Dmitri Mendeleev, publicados de forma simultânea e independente. Ambos se basearam em uma organização de ordem crescente de massa atômica, que evidenciou a periodicidade das suas propriedades. Mendeleev, no entanto, acabou passando para a História da Ciência como o “pai da Tabela Periódica moderna”, pois seu trabalho diferia do de Lothar-Meyer pelo fato do primeiro ter deixado lacunas na tabela para elementos que ainda seriam identificados posteriormente. Dessa forma, ele encontrou uma disposição dos elementos na qual as suas propriedades químicas repetiam-se periodicamente e também foi capaz de prever as características do Gálio, do Germânio e do Escândio, elementos que ainda não haviam sido identificados no momento em que sua tabela foi publicada. (LORENZETTI, DAMÁSIO e RAICIK, 2020; TOLENTINO, ROCHA-FILHO e CHAGAS, 1997).

No século XX, com a teorização sobre as partículas subatômicas e com o desenvolvimento da mecânica quântica, a Tabela Periódica passou a ser organizada em ordem crescente de número atômico e por meio dela é possível obter a configuração eletrônica de todos os elementos, assim como realizar comparações entre suas propriedades. Na Tabela

Periódica atual, cada período (linha horizontal) representa um nível energético (número quântico principal), numerados de 1 a 7. As colunas verticais são chamadas de grupos e também são numeradas de 1 a 18. Elementos do mesmo grupo possuem a mesma configuração eletrônica em seu nível de valência, e por conta disso partilham de propriedades químicas semelhantes. A Tabela Periódica atual é dividida em diferentes regiões ou blocos que indicam o subnível de energia, ou número quântico secundário, do elétron mais energético dos elementos. Os grupos 1 e 2 correspondem ao bloco *s*, os grupos 13 a 18 ao bloco *p*, os grupos 3 a 12 ao bloco *d*, e as séries dos lantanídeos e dos actinídeos, por sua vez, correspondem ao bloco *f*. Assim, ao observar a posição de um elemento na Tabela Periódica, é possível determinar a sua configuração eletrônica (BENVENUTTI, 2011).

É importante, antes de continuar, promover um ponto de discussão a respeito da constituição deste conhecimento estar ainda centrado na lógica europeia de produção do conhecimento. Ou seja, o histórico da constituição da Tabela Periódica que nos chega tem relação com a Tabela Periódica produzida no mundo europeu, ignoramos, em termos de literatura nacional, produções que possam ter ocorrido em outros lugares cujo conhecimento não nos chega ainda hoje, como o mundo árabe, sabidamente um dos maiores produtores de conhecimento científico, e todo universo africano, que com suas características de linguagem parecem não merecer o referido status de cientificidade.. Registrar isto é importante para que reconheçamos o quão georeferenciada está a nossa ciência e o quão difícil é ir além desse universo durante um trabalho de conclusão de curso com seu tempo exíguo.

3.2 - AS PROPRIEDADES PERIÓDICAS

Uma das principais utilidades da Tabela Periódica atual é a possibilidade de comparar diversas propriedades entre os elementos químicos a partir de onde eles estão localizados, resultado das semelhanças que elementos com a mesma configuração eletrônica partilham entre si. Entre essas propriedades, pode-se destacar o raio atômico, a energia de ionização, a afinidade eletrônica e a eletronegatividade. É importante salientar que a própria conceituação dessas propriedades foi um processo construído historicamente, muitas vezes ao longo de mais de um século, cujos critérios de definição sofreram transformações ao longo do tempo (LODI, 2019; SANTOS, SILVA e WARTHA, 2011). Além disso, é essencial que, ao abordar esse tema com os seus estudantes, o professor consiga deixar claro que elas estão diretamente relacionadas entre si e que todas são derivadas da intensidade da atração eletrostática que existe entre o núcleo do átomo e os elétrons da camada de valência.

O raio atômico é atualmente definido como a distância entre o núcleo do átomo e a sua camada de valência. De acordo com o modelo atômico atual, derivado da mecânica quântica, não é possível definir um valor exato para essa medida, já que a eletrosfera não é uma camada rígida, mas sim uma região onde há probabilidade de se encontrar densidade eletrônica. Dessa forma, o raio atômico é tomado como uma média e medido como sendo a metade da distância entre dois núcleos de átomos do mesmo elemento ligados entre si, distância essa obtida a partir da difração de raios X. Essa medida pode ser dividida em raio metálico ou raio covalente, a depender da natureza do elemento. Ao longo da Tabela Periódica atual, pode-se observar que, para elementos de um mesmo grupo, o raio atômico aumenta conforme aumentam os níveis de energia da eletrosfera; e, dentro de um mesmo período, diminui conforme aumenta o número atômico dos elementos, e conseqüentemente, a carga nuclear efetiva (SHRIVER e ATKINS, 2003). Quanto menor for o raio atômico médio de um elemento, maior será a força de atração coulômbica entre o seu núcleo e os elétrons do seu nível de valência, e a intensidade desta força acaba por influenciar outras propriedades, como a energia de ionização, a afinidade eletrônica e a eletronegatividade.

A energia de ionização é definida como a energia mínima necessária para remover um elétron de um átomo em fase gasosa, e é medida em elétron-volts. “A primeira energia de ionização, I_1 , é a energia de ionização do elétron ligado menos firmemente ao átomo neutro; a segunda energia de ionização, I_2 , é a energia de ionização do cátion resultante, e assim por diante.” (SHRIVER e ATKINS, 2003). As energias de ionização sucessivas para um elemento dependem do nível de energia do qual o elétron está sendo retirado, sendo consideravelmente mais elevadas para os elétrons dos níveis mais internos. A primeira energia de ionização possui uma variação sistemática ao longo da tabela, de maneira inversa ao raio atômico, isto é, cresce de baixo para cima dentro de um mesmo grupo e da esquerda para a direita dentro de um mesmo período. Há algumas exceções, como o fato do boro possuir uma primeira energia menor do que a do berílio, pois no boro o elétron mais energético é retirado de um orbital $2p$, que está mais fracamente ligado ao núcleo do que o orbital $2s$ do berílio, o que acaba compensando a carga nuclear maior do primeiro elemento. Essa inversão do padrão também é observada entre alguns elementos dos grupos 15 e 16, pois os elementos do grupo 16 possuem um dos seus orbitais p ocupado por dois elétrons, e a repulsão gerada pela proximidade dos elétrons em um mesmo orbital novamente acaba compensando a carga nuclear maior (SHRIVER e ATKINS, 2003.)

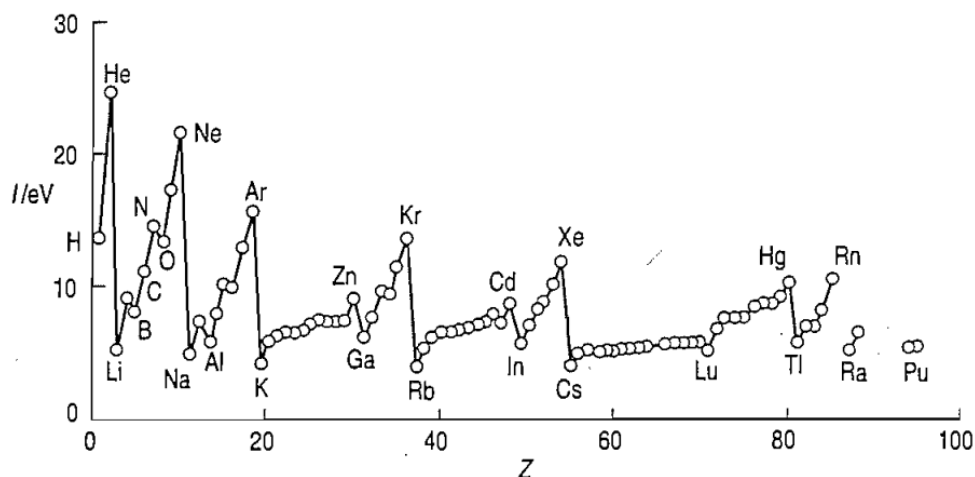


Figura 1- Variação da primeira energia de ionização em função do número atômico. (Fonte: Shriver e Atkins, 2003)

A afinidade eletrônica pode ser definida como a energia liberada ou absorvida por um átomo ao ganhar um elétron e se transformar em um ânion, medida em elétron-volt. Um valor de afinidade eletrônica positivo indica que um ânion possui menor energia e é termodinamicamente mais favorável do que a sua espécie neutra. De maneira geral, pode-se dizer que um elemento terá uma afinidade eletrônica elevada se o elétron adicional puder entrar em um orbital onde ele experimentará uma carga nuclear efetiva forte. Na Tabela Periódica, a afinidade varia de forma similar à energia de ionização, mas sem incluir os gases nobres nesta periodicidade, pois estes possuem níveis de energia totalmente preenchidos e valores negativos de afinidade eletrônica (SHRIVER e ATKINS, 2003.)

A eletronegatividade é atualmente definida como a capacidade que um átomo de um elemento possui de atrair para si os elétrons de uma ligação química, sendo representada pelo símbolo χ (chi). Um elemento com alta capacidade de atrair elétrons é considerado muito eletronegativo, enquanto um elemento que possui tendência de perder elétrons em ligações químicas é considerado eletropositivo. A eletronegatividade dos elementos que fazem parte de um composto permite prever a sua polaridade, e com isso, a intensidade das interações intermoleculares deste composto, que, por sua vez, determinam suas propriedades físicas, como temperatura de fusão e ebulição, viscosidade, tenacidade, entre outras.

Diferentemente das outras propriedades periódicas citadas, a eletronegatividade é uma propriedade intrinsecamente relativa, que teve diferentes definições e propostas de escalas quantitativas discutidas ao longo do desenvolvimento da química. A escala proposta por Linus Pauling é a mais disseminada. Essa escala foi criada em 1931 com base em dados experimentais de energia de ligação química. Ele observou que a energia de ligação

heteronuclear entre dois átomos A e B é maior do que a média das energias das ligações homonucleares A-A e B-B. Pauling correlacionou as diferenças de eletronegatividade entre átomos com a força das ligações covalentes formadas entre eles, a partir da equação:

$$\Delta = \chi_A - \chi_B = \sqrt{E(A - B) - \frac{E(A-A) + E(B-B)}{2}}$$

A equação elaborada por Pauling permite apenas calcular a diferença entre as eletronegatividades de dois elementos diferentes. Assim, para poder atribuir um valor quantitativo a cada elemento, o Hidrogênio foi arbitrariamente definido como referência, devido a sua capacidade de formar compostos com uma grande quantidade de elementos, e teve o seu valor fixado em 2,1 e a eletronegatividade dos demais elementos foi obtida em comparação com a do Hidrogênio. (SANTOS, SILVA E WARTHA, 2011). Ao longo da Tabela Periódica, os valores de eletronegatividade variam sistematicamente da mesma forma que a afinidade eletrônica e a energia de ionização, com exceção dos elementos do grupo 18. Como ainda não havia sido sintetizado nenhum composto com gases nobres na época em que esta escala foi elaborada, não foi atribuído nenhum valor de eletronegatividade a esses elementos. Em 1934, o químico estadunidense Robert Mülken propôs uma escala absoluta de eletronegatividade, que consistia na média aritmética entre a energia de ionização e a afinidade eletrônica de um elemento.

H							He
<i>2,20</i>							
3,06							5,5
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
<i>0,98</i>	<i>1,57</i>	<i>2,04</i>	<i>2,55</i>	<i>3,04</i>	<i>3,44</i>	<i>3,98</i>	
1,28	1,99	1,83	2,67	3,08	3,22	4,43	4,60
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
<i>0,93</i>	<i>1,31</i>	<i>1,61</i>	<i>1,90</i>	<i>2,19</i>	<i>2,58</i>	<i>3,16</i>	
1,21	1,63	1,37	2,03	2,39	2,65	3,54	3,36
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
<i>0,82</i>	<i>1,00</i>	<i>1,81</i>	<i>2,01</i>	<i>2,18</i>	<i>2,55</i>	<i>2,96</i>	<i>3,0</i>
1,03	1,30	1,34	1,95	2,26	2,51	3,24	2,98
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
<i>0,82</i>	<i>0,95</i>	<i>1,78</i>	<i>1,96</i>	<i>2,05</i>	<i>2,10</i>	<i>2,66</i>	<i>2,6</i>
0,99	1,21	1,30	1,83	2,06	2,34	2,88	2,59
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi			
<i>0,79</i>	<i>0,89</i>	<i>2,04</i>	<i>2,33</i>	<i>2,02</i>			

Figura 2- Escalas de eletronegatividade de Pauling (*em itálico*) e de Mülken para os elementos representativos.

(Fonte: Shriver e Atkins, 2003)

Muitos livros didáticos do Ensino Médio, ao tratarem do tema das propriedades periódicas, falham tanto na apresentação da sua construção histórica quanto na explicação de que algumas destas propriedades dependem da interação entre os elementos, e não se

constituem isoladamente, produzindo obstáculos substancialistas, segundo Gaston Bachelard (1936), e como foi evidenciado por Godoy e Mesquita (2012). Também é comum que seja dado um enfoque em diagramas de setas que indicam os sentidos nos quais essas propriedades crescem e decrescem em magnitude, favorecendo, no melhor dos casos, um aprendizado meramente mecânico e vazio de significado real, o que impede uma apropriação efetiva desses conhecimentos por parte do estudantes. Por exemplo: os alunos podem ser capazes de afirmar que o Flúor é mais eletronegativo que o Alumínio, mas a justificativa para esse fato se deveria apenas porque o primeiro está localizado mais acima e mais à direita na Tabela Periódica, e não porque o Flúor possui menos elétrons realizando a blindagem eletrônica entre o núcleo e a camada de valência e conseqüentemente possui uma maior força de atração entre ambos. No próprio processo de escrever sobre a Tabela Periódica, já antecipamos alguns entendimentos do referencial teórico escolhido.

3.3 - GASTON BACHELARD E OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Gaston Bachelard, em seu livro *A Formação do Espírito Científico*, trata, antes de mais nada, de definir o espírito científico (poderíamos na linguagem atual substituir o termo espírito por atitude ou consciência científica) como uma busca pela abstração dos fenômenos a partir de uma primeira ordenação concreta. Bachelard afirma, no primeiro capítulo:

...queremos mostrar que, sobre qualquer questão, sobre qualquer fenômeno, é preciso passar primeiro da imagem para a forma geométrica e, depois, da forma geométrica para a forma abstrata, ou seja, seguir a via psicológica normal do pensamento científico. (BACHELARD, 1996, 11)

Dessa forma, ele considera toda experiência que se pretende *concreta, real, imediata e natural*, como um obstáculo para se alcançar o conhecimento de verdadeiro valor científico. A epistemologia da ciência de Bachelard está profundamente embasada na noção que esta avança a partir de uma ruptura com o conhecimento anteriormente estabelecido, em uma incompatibilidade entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. Essa incompatibilidade se torna mais evidente ao se analisar a teoria atômica que foi desenvolvida no século XX, que rompe com os pressupostos da física newtoniana que estavam firmemente estabelecidos há séculos. (BERTOCHE, 2013).

Conforme já explicado na introdução deste trabalho, Bachelard divide estes obstáculos epistemológicos em sete categorias distintas, e se vale de conceitos da psicanálise e de inúmeros exemplos de estudos de eruditos do século XVIII sobre os mais variados temas

para explicar cada um deles detalhadamente. É importante destacar que a noção de Bachelard possui de ciência e espírito científico nada tem em comum com a tradicional concepção positivista, de verdade material e objetiva, e sim de um conhecimento que surge contra e retifica um conhecimento anterior que se mostra infundado, uma reforma de uma ilusão, mas que sempre está passível de novas retificações. (LOPES, 1996)

Conforme já foi explicitado anteriormente neste trabalho, esses obstáculos podem surgir tanto durante o desenvolvimento histórico do pensamento científico quanto na prática do ensino, e uma abordagem descuidada por parte dos materiais didáticos sobre a Tabela Periódica e as propriedades periódicas podem contribuir, principalmente, para a presença de obstáculos verbais, animistas e substancialistas no entendimento dos estudantes sobre estes tópicos. Esses três obstáculos serão explicados em maiores detalhes, mas sem dúvidas não são os únicos nos quais os livros didáticos e os professores de química podem incorrer ao tratar da Tabela Periódica e de suas propriedades.

Uma ideia fundamental para a compreensão da noção de obstáculo epistemológico é o de que ele não é um obstáculo externo ao saber, e sim interno, que intrínseco ao próprio ato de conhecer e cujo a superação é a essência da aquisição do saber científico (BACHELARD, 1996). O obstáculo da experiência primeira, por exemplo, se estabelece a partir do primeiro contato com o objeto de conhecimento. Os estudantes, encantados com os efeitos visuais, coloridos e pitorescos de uma experimentação, fixam o seu pensamento nestas imagens e sensações, e acabam por não assimilar os princípios científicos e matemáticos que fundamentam o experimento.

O conhecimento científico também pode ser entravado por uma resistência em se passar do mundo concreto e sensível para o abstrato, o que caracteriza o obstáculo realista. Bachelard (1996) considera o realista como um avarento, pois este se apega a concepções que julga serem manifestações objetivas da realidade e recusa-se a abandoná-las em prol da construção de um pensamento científico abstrato.

A manifestação mais marcante do obstáculo realista no estudo da Tabela Periódica e das propriedades periódicas é a ideia intuitiva de que a matéria conserva as suas propriedades macroscópicas na escala atômica, de que um átomo de Ouro é nada mais do que um pedaço de Ouro idêntico ao macroscópico, apenas muito menor. Um material didático pode acabar reforçando essa intuição caso represente visualmente este átomo com a cor dourada, por exemplo. A verdadeira compreensão sobre o conceito de átomo depende de que o estudante tenha a capacidade entrar totalmente no campo da abstração enquanto estiver pensando nele, se desapegando das impressões e imagens características do mundo macroscópico,

compreendendo o átomo como um modelo científico que serve para explicar as características macroscópicas das substâncias, mas que isoladamente não possui nenhuma das qualidades perceptíveis pelos nossos sentidos.

Segundo Bachelard (1996), outro gesto psíquico que oferece resistência ao assentamento do conhecimento científico é a busca por um conhecimento unitário e pragmático, no qual todos os fenômenos se revelam como manifestação de uma única natureza. O conhecimento geral e unitário não aceita que uma experiência seja compartimentada, ou que as leis da física em diferentes escalas de tamanho e velocidade não sejam sempre as mesmas. O maior fator de entrave ao pensamento científico representado por esse obstáculo é o de estabelecer princípios sagrados e imutáveis como fundantes de determinadas ciências, como, por exemplo, de que o átomo é a menor unidade da matéria, que passagem do tempo é absoluta e não depende de nenhum outro fator.

3.3.1- O obstáculo verbal:

Bachelard (1996) define o obstáculo verbal como um apego excessivo a metáforas e imagens que, na tentativa de facilitar a compreensão de um determinado fenômeno através de conexões entre o conhecimento do senso comum e o conhecimento científico, acabam por estagnar o desenvolvimento do segundo, por impedir que a reflexão sobre aquele fenômeno entre no campo do abstrato, e por evitar a ruptura necessária entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, e mantendo o pensamento preso a imagens que são insuficientes para a plena compreensão dos fenômenos. No capítulo do livro *A Formação do Espírito Científico* (1996) dedicado a este obstáculo, Bachelard utiliza como exemplo a metáfora da esponja, que por muito tempo foi utilizada por pensadores “pré-científicos” para explicar uma variada gama de fenômenos, como, por exemplo, comportamento do ar, que tal como uma esponja, seria comprimível e permeável à água, ou no resfriamento de materiais imersos em água, que teriam o seu “fluido ígneo” absorvido por ela.

Apesar de Bachelard se associar à crítica à concepção ocularista do conhecimento, que considera que a visão é o sentido fundamental para a compreensão dos fenômenos, ele não se opõe totalmente ao uso de metáforas e imagens, e sim defende que o pensamento não pode se acomodar a elas e deve estar pronto para uma ruptura com estas sempre que o processo de construção do conhecimento científico assim o demandar. (LOPES, 1996). Além disso, diferencia o uso das imagens pelo pensamento pré-científico e pelo pensamento científico afirmando que no primeiro elas surgem antes da formulação da teoria, enquanto no segundo surgem após esta formulação. “O perigo das metáforas imediatas para a formação do

espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem.” (BACHELARD, 1996: 97).

No que diz respeito ao ensino da tabela e das propriedades periódicas, obstáculos verbais têm propensão a surgir, pois, por se tratarem de conceitos abstratos e alheios ao cotidiano dos estudantes, os professores e os materiais didáticos podem, eventualmente, recorrer a metáforas e analogias, tais como “os elementos são como cartas de um baralho e aqueles que fazem parte do mesmo grupo são como cartas do mesmo naipe” ou “A Tabela Periódica é como um castelo e cada elemento é um tijolo” (XAVIER, 2023). Ao analisar esses tipos de analogia atentamente, é possível perceber que elas não oferecem uma contribuição efetiva para a compreensão do conteúdo por parte dos estudantes, apoiando-se em uma ênfase memorística enquanto parecem favorecer respostas de exercícios também operatórios e insignificantes para o entendimento dos conceito químico

3.3.2 - O obstáculo substancialista:

De forma bastante sintética, o obstáculo substancialista pode ser encarado como uma atribuição excessiva e inadequada de qualidades ocultas a um determinado fenômeno ou substância (Trindade, Nagashima e Andrade, 2019). Bachelard define este obstáculo como polimorfo, que “É constituído por intuições muito dispersas e até opostas” (1996). É um obstáculo profundamente marcado pela ideia de “continência”, onde a substância deve, necessariamente, conter qualidades em seu âmago, em uma valorização intuitiva de um “interior”. A substância, em si, é vista como um interior, que deve ser aberto, para mostrar a sua verdadeira essência. Muitos expoentes do pensamento pré-científico traziam consigo também a ideia de “virar do avesso” as substâncias, e com isso realizar transformações de caráter alquímico, como transformar a prata em ouro “se for conseguido virar para fora o que está dentro” (1996).

Bachelard (1996) também define como uma característica do obstáculo substancialista a associação de um fenômeno imediato a uma propriedade substancial, como faziam os pensadores pré-científicos que, ao observarem que corpos leves se prendem a corpos eletrizados, atribuíam a característica de viscosidade ao “fluido elétrico”

A substancialização de uma qualidade imediata percebida numa intuição direta pode entravar os futuros progressos do pensamento científico tanto quanto a afirmação de uma qualidade oculta ou íntima, pois tal substancialização permite uma explicação breve e peremptória. Falta-lhe o percurso teórico que obriga o espírito científico a

criticar a sensação. De fato, para o espírito científico, todo fenômeno é um momento do pensamento teórico, um estágio do pensamento discursivo, um resultado preparado. É mais produzido do que induzido. O espírito científico não pode satisfazer-se apenas com ligar os elementos descritivos de um fenômeno à respectiva substância, sem nenhum esforço de hierarquia, sem determinação precisa e detalhada das relações com outros objetos. (Bachelard, 1996: p 127)

Como outro exemplo das distorções conceituais causadas pelo obstáculo substancialista, Bachelard (1996) cita o caso de um pensador do século XVIII que acreditava que o “fluido elétrico”, por conta de sua qualidade viscosa, ficava impregnado pelas características dos materiais pelos quais atravessava, tendo realizado experiências nas quais descarregava uma pilha, eletrizando diversas substâncias como leite, urina e ácido muriático, e colocando duas pontas do eletrodo na língua, ao que afirmava ser capaz de sentir o gosto dessas substâncias em sua boca. Bachelard então compara essas noções pré-científicas com o conceito de resistência elétrica elaborado por Ohm, que, por ser um conceito abstrato e ancorado a uma teoria matemática, “libera a ciência de qualquer referência a qualidades sensíveis diretas.”(1996)

O Obstáculo substancialista se mostra, de fato, bastante amplo durante o período pré-científico, ao passo em que atribui uma substância a todas as qualidades. Pensadores desse período buscaram encontrar uma substância que fosse responsável pela secura do ar, da mesma forma que a água era responsável pela sua umidade, assim como as partículas quentes responsáveis pela febre (BACHELARD, 1996).

A atribuição excessiva de adjetivos para um mesmo substantivo, definida por Bachelard (1996) como um dos sintomas mais claros do obstáculo substancialista, não poderia deixar de fora, naturalmente, o mundo da medicina e dos remédios. O filósofo faz uma longa lista de substâncias que, durante o século XVIII foram consideradas como remédios para uma ampla gama de enfermidades, e, neste ponto, não pudemos deixar de notar a extraordinária prevalência que essa faceta do obstáculo substancialista possui até os dias de hoje, com anúncios de suplementos vitamínicos que povoam as redes sociais e os programas de auditório dos canais abertos de televisão, que incapazes (pela legislação vigente) de se anunciarem como remédios para um tratamento específico, são promovidos como provedores de uma melhora geral da saúde, da disposição, da imunidade e retardadores do envelhecimento. O fato de este tipo de produto ser tão presente em anúncios comerciais e encontrar um mercado consumidor tão grande em pleno século XXI é, sem sombra de dúvidas, um sinal claro de que o sistema educacional brasileiro falha sistematicamente em sua tarefa de inculcar o espírito científico na grande maioria da população.

O obstáculo substancialista surge com muita frequência no estudo das propriedades periódicas, sobretudo no da eletronegatividade, quando o professor e os materiais didáticos não deixam claro para os seus estudantes de que ela não se trata de uma propriedade intrínseca ao elemento, que depende da energia de dissociação das ligações entre dois elementos diferentes, comparada com aquela que eles possuem entre si, e que também pode ser calculada de mais de uma forma, a depender do referencial utilizado

3.3.3 - O obstáculo animista:

O obstáculo animista é definido por Bachelard (1996), essencialmente, como a atribuição de características próprias dos seres vivos a entes que se encontram fora do campo das ciências biológicas, como, por exemplo, os minerais. Esse obstáculo se fez muito presente durante o pensamento pré-científico do século XVIII, principalmente por causa da noção de três reinos da Natureza: o animal, o vegetal e o mineral. Havia uma crença no caráter universal da vida que se estendia aos minérios: sua organização em estruturas cristalinas era comparada à organização celular, e se acreditava que eles eram capazes de se alimentar da terra das minas e se reproduzirem a partir da “semeadura” de “germes” de minérios no interior destas minas, além de serem acometidos por “doenças”, como a ferrugem.

Para além dos minérios, o fenômeno da eletricidade também era entendido como uma manifestação clara de vida, tendo um intelectual da época chegado a sugerir que a palavra “eletricidade” fosse substituída por “vivacidade”. Para Bachelard, esse caráter universal das características dos seres vivos sobre os demais fenômenos era fruto das valorações de natureza psicológica provocadas pela palavra “vida” nas mentes dos estudiosos do século XVIII e dos anteriores.

Vida é uma palavra mágica. É uma palavra valorizada. Qualquer outro princípio esmaece quando se pode invocar um princípio vital.(...) A vida marca as substâncias que anima com um valor indiscutível. Quando uma substância deixa de ser animada, perde algo de essencial. (Bachelard, 1996: 192)

O obstáculo animista é particularmente comum de ser notado nas explicações a respeito da Tabela Periódica e das propriedades periódicas presentes nos materiais didáticos, mas, sobretudo, nas explicações orais dos professores, que costumam atribuir *comportamentos* e *vontades* aos elementos químicos, como por exemplo, ao afirmarem que os demais átomos *querem ser* como os gases nobres, ou que dois átomos ligados entre si por uma ligação covalente *brigam* pelo par de elétrons.

3.4 - OS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR

A implementação da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e a do chamado Novo Ensino Médio serviram para reforçar uma tendência de integração das disciplinas de química, física e biologia sob a área do conhecimento das Ciências da Natureza, que já era notada desde, pelo menos, 2009, quando o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) passou a avaliar as habilidades e competências das três disciplinas de maneira unificada (BRASIL, 2020). A BNCC vigente, oficialmente homologada em dezembro de 2018, trouxe novidades significativas ao ensino das disciplinas de Ciências da Natureza, ao unificá-las em competências e habilidades divididas em três unidades temáticas gerais: Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. (BRASIL, 2018).

A implementação de uma base curricular estava prevista pelo Plano Nacional de Educação, instituído pela Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014, que estabelecia metas e diretrizes para a política educacional no Brasil ao longo de um período de 10 anos (2014-2024). O plano era constituído de 20 metas, cada uma composta por uma série de estratégias para alcançá-las. A implementação de uma base comum para os currículos era mencionada na primeira estratégia da meta 7: “estabelecer e implantar, mediante pactuação interfederativa, diretrizes pedagógicas para a educação básica e a base nacional comum dos currículos, com direitos e objetivos de aprendizagem e desenvolvimento dos (as) alunos (as) para cada ano do ensino fundamental e médio, respeitada a diversidade regional, estadual e local” (BRASIL, 2014).

As mobilizações para a elaboração de uma primeira versão da BNCC se iniciaram no primeiro mandato de Dilma Rousseff e contaram com a participação de diversos atores da educação, como professores universitários e da Educação Básica e técnicos das Secretarias de Educação (ALVES e OLIVEIRA, 2022). Essa primeira versão foi divulgada em setembro de 2015 e desde então passou por alterações significativas até o documento vigente, homologado em dezembro de 2018, como por exemplo, a mudança de sua estrutura, de *objetivos de formação* para *competências específicas*. A estruturação da BNCC a partir de habilidades e competências busca se alinhar a padrões de avaliações internacionais, como os do Banco Mundial, e conseqüentemente, também a uma visão neoliberal e utilitarista da educação, na qual o conhecimentos devem estar diretamente associados a atividades úteis às dinâmicas de produção e reprodução do capital. (PICCININI e ANDRADE, 2018; DOURADO e SIQUEIRA, 2019). Essa mudança de concepção pode ser vista como um reflexo do golpe

parlamentar de 2016, que levou ao poder o então vice-presidente Michel Temer, o qual levou a cabo um modelo de governo autointitulado “Ponte para o Futuro”, que era muito mais alinhado ao neoliberalismo¹ do que o que vinha sendo implementado até então, e aumentou significativamente a participação de representantes do setor empresarial na formulação de políticas públicas (RUIZ e BUFALO, 2018).

Em que pese o fato da formulação da BNCC ter passado longe de ser um processo pacífico, marcado por disputas ideológicas, rupturas e críticas a respeito de sua legitimidade, a Base foi aprovada e produziu efeitos concretos na educação brasileira, o que faz necessária uma análise de como o documento atual condiciona o ensino da Tabela Periódica e das propriedades periódicas, conteúdos que são o tema deste trabalho. A versão final da BNCC segmenta os conteúdos a serem desenvolvidos nos componentes curriculares de Ciências da Natureza em três competências específicas, cada uma, por sua vez, relacionada a uma série de habilidades. As habilidades listadas pela BNCC possuem um caráter bastante generalista, e nenhuma delas se refere especificamente ao ensino da Tabela Periódica e das propriedades periódicas. Pode-se dizer que esses tópicos estão contemplados pela habilidade EM13CNT307, que é referente a competência específica 3 (Anexo A).

É importante destacar que nenhuma das competências e habilidades estipuladas pela BNCC para as CNT no Ensino Médio possui indicação serial, o que significa que todas elas podem ser trabalhadas em qualquer um dos três anos do Ensino Médio. Esse fato, ao mesmo tempo em que possibilita uma maior autonomia dos professores de Ciências da Natureza para articularem os seus conteúdos de forma integrada, também abre margem para que assuntos específicos da química ou da biologia, por exemplo, não sejam abordados ao longo de todo um ano escolar.

O documento da BNCC possui 600 (seiscentas) páginas ao todo, das quais somente 12 (doze) são dedicadas a tratar da área de Ciências da Natureza para o Ensino Médio. O estabelecimento de um currículo comum e notavelmente enxuto para as três disciplinas foi alvo de críticas de diversas entidades, como a Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio), a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Sociedade Brasileira de Ensino de

¹ Vamos elaborar brevemente o termo neoliberalismo. O liberalismo, primeiro movimento que podemos considerar de amplo espectro da economia até a educação estava bem mais vinculado a “liberdade” dos sujeitos e a sua capacidade de competir no mercado. A educação então pautava a meritocracia e a demanda, ou seja, só vence aqueles que merecem. O neoliberalismo inclui muitas das perspectivas do liberalismo, no entanto ele vai além. Não mais estamos falando de “liberdade” para fazer e cobrar o que for necessário pelo seu trabalho, agora estamos falando que a educação pública, a economia pública, os serviços públicos estão a disposição de algumas empresas e portanto nós temos que ajudar essas empresas a se fortalecer. Ou seja, a escola pública produz sujeitos para a demanda do mercado neoliberal, não produz sujeitos capazes de romper com os pontos extremamente negativos da lógica neoliberal, ou ao menos pensar de outra forma.

Química (SBEnQ) (MATOS, 2021). Contudo, como já foi mencionado, devido ao momento político atribulado que o país atravessou entre os anos de 2016 e 2018, as organizações formadas por pesquisadores e docentes não foram ouvidas na elaboração das versões finais da Base, que privilegiaram as contribuições de entidades empresariais, como o Todos pela Educação (MATOS, AMESTOY e TOLENTINO-NETO, 2022; MATOS, 2021; PICCININI e ANDRADE, 2018).

A BNCC impôs uma profunda transformação à elaboração dos livros didáticos das três disciplinas que compõem as Ciências da Natureza, fazendo com que o PNLD de 2021 representasse um verdadeiro “divisor de águas” em relação à estruturação destes materiais. Durante muitas décadas, foram produzidos, para o Ensino Médio, livros didáticos de química, física e biologia divididos em três volumes, um para cada série dessa etapa da Educação Básica. O PNLD, de 2021, deixou de fornecer obras específicas de cada uma das três matérias, para, em seu lugar disponibilizar obras unificadas, denominadas Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, divididas em seis volumes não sequenciais, em concordância com as novas diretrizes da BNCC. O guia do PNLD de 2021 justifica essa decisão afirmando:

...as obras específicas de CNT têm como mudança de paradigma, a busca efetiva pela interdisciplinaridade, pela contextualização e pela total integração entre os conteúdos. A proposta das obras passa por volumes autocontidos nos quais os diversos assuntos e conteúdos possam ser trabalhados sem que os conceitos tenham dependência entre si, propiciando o trabalho por temáticas contextuais e interdisciplinares, o que pode possibilitar grande flexibilização dos conteúdos curriculares, valorizando as regionalidades em efetiva construção simultânea com os Projetos Integradores. (BRASIL, 2021, p. 20)

Essa transformação significativa da composição dos materiais didáticos relativos à área do conhecimento das Ciências da Natureza, requer que se repense o impacto de todas as análises de livros didáticos de química que foram produzidos até então, tendo em vista que eles se referem a uma realidade escolar que não existe mais. Na revisão da literatura realizada para a produção deste projeto, foram encontrados apenas dois trabalhos que se propõem a realizar uma análise sobre a forma como a Tabela Periódica é abordada nestes novos projetos integradores, (PEREIRA, 2022; OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2023). Nenhum desses trabalhos, no entanto, faz referência à epistemologia de Bachelard, o que confere um importante caráter de novidade ao projeto aqui desenvolvido. Devido ao caráter recente e profundo da transformação representada pelo PNLD de 2021, é importante que mais trabalhos de análise

deste novo material sejam realizados por pesquisadores da área da Educação, sobre os mais variados assuntos, na tentativa de dimensionar o verdadeiro impacto que ele representa para a Educação Básica.

4- METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em uma pesquisa documental e uma análise de conteúdo temática de caráter qualitativo, onde foram selecionados cinco coleções aprovadas para o ano de 2024, que constituem o *corpus* da pesquisa: Ciências da Natureza – Lopes & Rosso; Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar; Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias. A seleção destas cinco obras em específico se deu tanto pela relevância das editoras quanto pela facilidade de consulta online do material. Será realizada uma análise dos sumários de cada uma das obras, para identificar os capítulos que fazem referência à Tabela Periódica e às propriedades periódicas. Após identificado estes capítulos, se realiza uma análise de conteúdo temática dos textos, figuras, imagens e atividades presentes neles, conforme foi proposto por Bardin (1977).

A pesquisadora francesa Laurence Bardin publicou, em 1977, a obra *L'analyse de contenu*, onde estabelece um método com princípios e regras bastante sistematizados que pode ser utilizado para analisar dados qualitativos, como textos, imagens, vídeos, relatos orais, entre outros. Bardin define que a análise de conteúdo pode ser dividida em três momentos principais: leitura flutuante, categorização e análise e interpretação.

A primeira, etapa, a leitura flutuante, consiste em uma leitura exploratória dos dados, uma leitura superficial e inicial dos materiais didáticos selecionados, com o objetivo de obter uma visão geral das obras, identificar recursos didáticos discursivos e analogias e abordagens relacionados à Tabela Periódica e às propriedades periódicas e estabelecer um contato inicial com o conteúdo. A leitura flutuante consiste em uma etapa preliminar que antecede a codificação e categorização sistemáticas dos dados, permitindo que o pesquisador absorva o material de forma livre e aberta, sem exigir uma análise mais detalhada.

Na segunda etapa da análise, a categorização, as unidades de análise serão agrupadas em categorias, com base nas características comuns identificadas durante a codificação. Segundo Bardin (1977), as categorias devem ser mutuamente exclusivas e abrangentes, de forma a abarcar todos os trechos de dados. Essas categorias podem ser predefinidas, a partir de teorias existentes, ou emergirem dos próprios dados durante o processo de análise.

Na terceira etapa, por fim, a análise e interpretação, ocorrerá a interpretação do conteúdo, identificando padrões, tendências, relações ou significados referentes aos dados. Essa etapa envolverá uma análise detalhada das categorias e dos trechos de dados associados, com a produção de um texto síntese para cada uma das categorias, com o intuito de expressar o conjunto de significados existentes nas diversas unidades de análise (CARDOSO, OLIVEIRA e GHELLI, 2021), onde se espera demonstrar, no conteúdo aparente dos autores dos livros, sentidos explícitos ou conteúdos específicos e não-explícitos ou conteúdos latentes decorrentes do seu caráter polissêmico.

Nesta pesquisa, usou-se as categorias a priori isso significa que, antes mesmo de uma leitura inicial já se havia definido O tipo de conteúdo que poderia ser encontrado, pois o referencial teórico adotado para o entendimento de um ensino ou de uma educação em química frente ao conceito de Tabela Periódica foi a obra de Bachelard, que evidencia os diferentes obstáculos epistemológicos aqui tomados como categorias de análise, quais sejam: verbal, animistas e substancialistas, assim como o processo de ruptura com esses obstáculos, que é no que consiste o avanço da ciência e a formação do espírito científico no decorrer da história. O referencial de modelo atômico a partir do qual a Tabela Periódica é apresentada também será considerado uma categoria de análise, já que ele determina a quantidade de significados que os alunos poderão construir com o estudo deste conteúdo.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão detalhados os resultados da análise de cada uma das cinco coleções selecionadas para este trabalho. Como já foi mencionado anteriormente, as análises levaram em conta, sobretudo, possíveis obstáculos epistemológicos presentes tanto no texto dos livros quanto nas imagens e nas atividades propostas aos estudantes. Além disso, a abordagem do processo histórico que se deu desde as primeiras tentativas de categorização dos elementos até o formato atual da Tabela Periódica, e também as habilidades da BNCC que cada coleção se propôs a desenvolver nos capítulos referentes à Tabela Periódica e às propriedades periódicas. Os conteúdos apresentados por cada livro sobre a tabela são, naturalmente, um reflexo da abordagem feita anteriormente sobre os modelos atômicos, com alguns inclusive apresentando os dois temas de forma intercalada no mesmo capítulo. Assim, o modelo atômico adotado por cada coleção como o referencial para compreender a estrutura do átomo também foi levado em consideração.

5.1 Ciências da Natureza - Lopes & Rosso

Após analisar o sumário dos volumes da coleção Lopes e Rosso, chegou-se à conclusão de que a Tabela Periódica seria trabalhada no tema 2 da unidade 1. O livro não adota a divisão em capítulos, mas sim em unidades que se subdividem em temas. O volume 1 é dividido em duas unidades. A primeira é intitulada “*A Formação do Universo e da Vida*” e a segunda “*Humanos metais e máquinas*”. A primeira e a segunda unidade são subdivididas em 5 (cinco) e 6 (seis) temas, respectivamente. O tema 2 possui o título “*A formação dos átomos*”, e aborda a formação dos núcleos atômicos, a constituição dos átomos, os espectros atômicos, Tabela Periódica, configuração eletrônica dos átomos e propriedades periódicas. A eletronegatividade não é citada neste tema como uma propriedade periódica, mas sim no tema 4 desta mesma unidade, “*A química da vida*”, para explicar a polaridade das ligações covalentes.

5.1.1 Tema 2 da unidade 1 do volume 1:

A primeira página do tema 2 possui uma caixa de texto intitulada: *Por dentro da BNCC*, que informa quais as competências gerais e as habilidades específicas devem ser trabalhadas ao longo da leitura do capítulo. São listadas as competências gerais 1, 2, 5 e 6: Conhecimento; Pensamento Científico, Crítico e Criativo, Cultura Digital e Trabalho e Projeto de Vida, respectivamente, e também quatro habilidades específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, relativas às três competências (EM13CNT101, EM13CNT201, EM13CNT209 e EM13CNT301). O Tema 2 se divide em quatro subtemas: *A fusão nuclear e a formação dos núcleos atômicos*, *A constituição atômica*, *Espectros atômicos e Tabela periódica* e *Configuração atômica*.

O Tema 2 se inicia com uma retomada sobre o Big Bang, assunto visto no Tema 1, Cosmologia. No primeiro parágrafo, são mencionadas as condições que permitiram a formação de núcleos atômicos e de átomos nos primeiros momentos da expansão do Universo. O parágrafo se encerra questionando o que diferencia um átomo do outro e qual a relação entre essas diferenças e as propriedades da matéria. Em sequência ao parágrafo de introdução, é apresentado o primeiro subtema, *A fusão nuclear e a formação dos núcleos atômicos*, que fala sobre os diferentes tipos de átomos a partir das condições necessárias para a formação dos seus núcleos dentro das estrelas. Os autores mencionam os cálculos do físico alemão Hans Albrecht Bethe, que demonstraram que a energia das estrelas provém de reações de fusão nuclear, e demonstram a reação de formação do núcleo do Hélio e do Carbono, mencionando a conversão de massa e energia que ocorre durante a fusão nuclear, definida pela equação da relatividade, que foi abordada no tema anterior. Neste subtema, também é

descrito como estrelas mais massivas formam núcleos de átomos até o Ferro, por meio da figura 2.1, que é uma representação esquemática do interior de estrelas maiores do que o Sol, e como são formados os elementos que não são fundidos no interior das estrelas, como núcleos de massa superior ao ferro e também núcleos de Lítio, Berílio e Boro.

O segundo subtema, intitulado *Constituição atômica*, se inicia definindo as partículas que constituem o átomo, informando, sem seguir uma sequência cronológica, as datas em que foram identificados e os cientistas responsáveis por essa identificação. A evolução dos modelos atômicos não é abordada neste tema, pois os autores entendem que esse assunto já foi trabalhado durante o Ensino Fundamental. É mencionado, em seguida, que as três partículas constituintes do átomo possuem massas e cargas diferentes entre si, e esses valores aparecem discriminados na tabela 2.1. Logo em seguida, é feito o questionamento “o que diferencia um tipo de átomo do outro, se todos são formados pelos mesmos tipos de partícula?”, que é respondido com a introdução do conceito de elemento químico e com as diferentes definições que esse conceito teve ao longo da História da Ciência, onde os autores fazem uma tentativa de demonstrar a complexidade envolvida no estabelecimento de um conceito científico. Após essa retrospectiva histórica, o conceito atual de elemento químico é apresentado junto com uma explicação das experiências realizadas por Henry Moseley e Francis W. Aston, que levaram ao surgimento dos conceitos de número atômico, número de massa e isotopia. Aqui, há a figura 2.3, que consiste numa representação esquemática dos três isótopos do Hidrogênio. É explicitado, na legenda da figura, que as imagens estão sem escala e com cores fantasia. Também é mencionada a existência de isótopos radioativos, como Carbono-14, e a possibilidade de utilizá-lo em datações de achados arqueológicos.

A parte final do subtema *Constituição atômica* é reservada para falar sobre como é calculada a massa atômica de um elemento a partir de uma média ponderada da frequência relativa dos seus isótopos, ressaltando que essa distribuição pode variar dependendo da fonte da amostra analisada, e utilizado os isótopos do Ferro como exemplo, em um gráfico apresentado na figura 2.3. O subtema se encerra falando sobre a definição da unidade de massa atômica (u) citando a data em que a IUPAC adotou o Carbono-12 como referência para essa medida.

O terceiro subtema, *Espectros atômicos* se inicia atribuindo a semelhança das propriedades de átomos de um mesmo elemento químico “à distribuição dos elétrons em cada átomo”. Após explicar de maneira simplificada como se dão as cores dos fogos de artifícios coloridos, os autores prosseguem explicando o funcionamento do experimento elaborado por Bunsen e Kirchhoff, popularmente conhecido como teste da chama, com uma representação

esquemática deste experimento na figura 2.4. É ressaltada a diferença entre os espectros obtidos para a emissão dos átomos, que são marcados por regiões escuras, do espectro contínuo formado pela decomposição da luz solar, assim como o fato de que os modelos atômicos que existiam até então não eram capazes de explicar a descontinuidade desse espectro.

O modelo atômico de Bôhr, já com as contribuições de Sommerfeld, é apresentado na sequência, resumido em cinco características principais, separadas em tópicos, seguidos pela figura 2.5, que é uma representação esquemática das transições eletrônicas neste modelo atômico. Após discorrer sobre as transições do elétron entre o estado fundamental e o estado excitado, os autores mencionam a contradição entre o modelo atômico de Bôhr e a física clássica, introduzindo o conceito de quantização de energia, definido aqui como os valores de energia definidos que são absorvidos e liberados pelos elétrons. No parágrafo seguinte é mostrado como esse modelo atômico é capaz de explicar os resultados do experimento de Bunsen e Kirchhoff, e após isso vem a figura 2.6, que é uma representação esquemática parcial de um diagrama de energia e de um espectro de emissão de um átomo. O parágrafo que encerra o terceiro subtema é dedicado a falar sobre as aplicações dos conceitos que foram trabalhados, com um enfoque mais uma vez, na astronomia, ao mencionar que os espectros de emissão são fundamentais para identificação da composição química de estrelas e planetas, o que é condizente com a unidade na qual o tema está inserido.

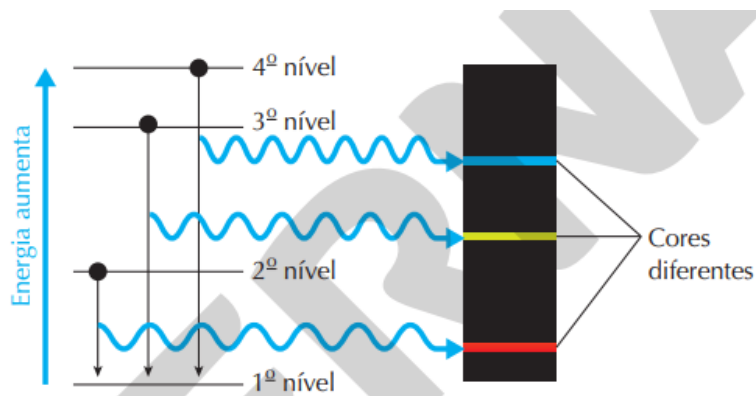


Figura 2.6 Representação esquemática parcial de um diagrama de níveis de energia (à esquerda) e do espectro de emissão proveniente das transições eletrônicas de um átomo. O primeiro nível (de menor energia) é o mais próximo do núcleo atômico. A linha vermelha corresponde, portanto, à luz emitida pelo elétron que retorna do segundo para o primeiro nível de energia. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Figura 3- Ilustração e legenda de um diagrama de níveis de energia

O quarto subtema é também o mais extenso. Ele se inicia fazendo uma breve retomada sobre a divisão do átomo em prótons, nêutrons e elétrons, e faz uma pergunta aos estudantes: “Seria possível agrupar os elementos químicos de acordo com características comuns de organização dos elétrons em seus átomos?” Com esta pergunta, os autores acabam, de certa forma, deslocando o propósito da Tabela Periódica de sua finalidade original, já que a introduzem como o atendimento de uma demanda que não foi levada em conta nas suas primeiras elaborações.

É citado que houve tentativas de organizar os elementos químicos ao longo do século XIX, e os autores mencionam nominalmente os trabalhos de Mendeleev e Lothar Mayer, destacando que eles foram publicados à mesma época e de forma independente, e possuíam muitas coisas em comum, mas que o de Mendeleev causou mais impacto por fazer previsões sobre os elementos que ainda não haviam sido identificados. A tabela proposta por Mendeleev é exibida na figura 2.7. A Lei Periódica de Mendeleev é citada, e em seguida são apresentadas as inconsistências que ela possui em função do seu critério de organização, as massas atômicas dos elementos. Então, é mostrado como os avanços das teorias atômicas possibilitaram a adoção de um novo critério, o número atômico, que resolveu as inconsistências da tabela de Mendeleev.

O tema 2 não possui uma Tabela Periódica do tamanho de uma página inteira, como é comum em ocorrer em livros didáticos de química. A Tabela Periódica atual é apresentada como a figura 2.8, que ocupa menos da metade da página onde está localizada. Nesta figura, está explicitado na legenda que os elementos para os quais não se tem abundância relativa dos isótopos em amostras naturais terrestres não possuem indicação do seu valor de massa atômica.

No parágrafo seguinte, os autores mencionam que as linhas e colunas da tabela são chamadas de grupos e períodos, respectivamente, e afirmam que “Elementos químicos do mesmo grupo apresentam propriedades semelhantes, e elas variam de forma mais ou menos gradativa ao longo de cada período”. É mencionado que os grupos se dividem em elementos representativos (1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 e 18) e elementos de transição (3 a 12) Em seguida, há uma breve descrição dos grupos 1, 17 e 18, contendo a origem dos seus nomes usuais (metais alcalinos, halogênios e gases nobres), organizadas em tópicos. É então mencionado que, no último século, o desenvolvimento de aceleradores de partículas permitiu a síntese de elementos que não ocorrem naturalmente no planeta Terra.

O assunto seguinte, que está inserido no subtema *Tabela periódica e configuração eletrônica*, é a distribuição eletrônica por níveis de energia. O modelo de Lewis para a

disposição dos elétrons envolvidos nas ligações químicas é apresentado, assim como a notação desses elétrons que foi proposta por ele. O modelo e a notação estão ilustrados nas figuras 2.9 e 2.10, que aparecem em sequência. Os autores trazem, então, o conceito de camada de valência e o definem como “a camada mais externa do átomo”. Em seguida, é apontado a inconsistência do modelo de Lewis por ele sugerir que os elétrons ficam parados nos vértices dos átomos. É creditado a Irving Langmuir o aprimoramento do modelo de Lewis, que levou da determinação da quantidade máxima de elétrons que pode ocupar cada nível de energia, exposta na tabela 2.2. Uma outra tabela vem logo em seguida para evidenciar uma característica compartilhada por todos os elementos do grupo 1: a de possuir apenas um elétron no último nível de energia. É citado também que átomos do mesmo período possuem a mesma quantidade de camadas de energia ocupadas.

O próximo tópico deste subtema é intitulado *Distribuição eletrônica por subníveis de energia* e começa falando sobre a descoberta de que as linhas descontínuas dos espectros atômicos eram, na verdade, conjuntos de linhas mais finas muito próximas umas das outras. Em seguida, é apresentado o conceito de “dualidade onda-partícula”, formulado por de Broglie a partir dos trabalhos de Einstein e Planck, mencionando que ele inspirou Erwin Schödinger a propor um modelo matemático para o átomo de hidrogênio, descrevendo o comportamento do elétron como uma função de onda. Werner Heisenberg também é citado como um cientista que trabalhou em um modelo para o átomo quântico ao mesmo tempo em que Schödinger, e como o formulador do princípio da incerteza. Nesta seção, ainda é citada a proposta de Max Born de que o quadrado da função de onda estaria associado à probabilidade de se encontrar o elétron ao redor de uma determinada região do núcleo, um orbital (a palavra orbital foi destacada em negrito no livro). Os orbitais são definidos, no livro, como soluções matemáticas para a equação de Schrödinger, e são ilustrados através de uma representação esquemática na figura 2.11. Em seguida, o conjunto de orbitais é definido como subnível e é dito que um nível de energia pode conter até quatro subníveis: *s*, *p*, *d* e *f*.

O diagrama que determina a configuração dos subníveis de energia do átomo é apresentado na figura 2.12. No livro, o termo que foi destacado em negrito para nomeá-lo foi “diagrama das diagonais” e não diagrama de Linus Pauling. No entanto, o segundo nome também é mencionado na sequência. Em seguida, é explicado que o subnível 4s possui menos energia do que o 3d, apesar de estar mais afastado do núcleo, e por isso é preenchido primeiro. Para evidenciar esse fato, é apresentada, na figura 2.13, a configuração eletrônica nos níveis e subníveis de energia para os átomos de ferro e cloro.

Ao definir o que são elementos de transição, os autores os descrevem como elementos que “possuem uma subcamada d ou f parcialmente preenchida.”. Essa definição acaba por excluir os elementos do grupo 12 da categoria de metais de transição, já que eles possuem essas camadas totalmente preenchidas. Isso acaba contradizendo a informação anterior de que os elementos químicos do grupo 3 até o grupo 12 são chamados de elementos de transição. De fato, existem autores que excluem o grupo 12 da categoria de metais de transição por se valerem da mesma definição que foi adotada neste livro. No entanto, para o contexto da educação básica, seria mais proveitoso ter adotado uma definição mais abrangente para os elementos de transição, que incluía os elementos do grupo 12, como, por exemplo: “elementos que possuem seus elétrons de maior energia localizado nos subníveis d ou f ”. Em seguida, é mostrado, na figura 2.14, a configuração eletrônica para o ânion cloreto e o cátion ferro (II). O último parágrafo deste tópico é dedicado a demonstrar a relevância dos conteúdos que foram apresentados até então, como compreender e prever as ligações químicas que os átomos de diferentes elementos realizam entre si, e a partir disso poder sintetizar novos materiais para atender diferentes demandas da sociedade.

A parte final do subtema *Tabela periódica e configuração eletrônica* é dedicada para falar sobre as propriedades periódicas. No parágrafo introdutório, é feita uma divisão dessas propriedades em: atômicas, químicas e físicas. Cada propriedade aparece como um tópico com o título destacado em negrito, e a primeira a ser mencionada é a densidade. O conceito de densidade é explicitado e é afirmado que em um mesmo período a densidade cresce do grupos 1 a 18 em direção ao centro da tabela, e o ósmio e o irídio são citados como os elementos mais densos.

A energia de ionização é a próxima propriedade periódica a ser analisada. Para introduzir esse conceito, é feita uma retomada do modelo atômico de Böhr e Sommerfeld, para lembrar que um elétron pode passar para níveis mais energéticos ao absorver energia. Caso essa energia seja suficiente, pode vencer a força de atração entre o núcleo e o elétron, transformando o átomo em um cátion. O valor da energia de ionização de um elemento seria, então, a quantidade de energia necessária para que isso ocorresse. Esse valor cresceria de forma inversamente proporcional à distância entre o núcleo atômico e a camada de valência, e por isso, ao longo de um mesmo grupo, a energia de ionização tende a diminuir com o aumento do número atômico. O aumento da energia de ionização proporcional ao aumento do número atômico observado ao longo de um mesmo período é explicado pelo aumento da carga nuclear efetiva, e conseqüentemente pelo aumento da força de atração entre o núcleo e os elétrons de valência. Um gráfico com a primeira energia de ionização em função do

número atômico é mostrado na figura 2.15. É apresentada uma tabela com as três primeiras energias de ionização para os 10 primeiros elementos químicos, com o intuito de mostrar que arrancar um elétron de um cátion requer mais energia do que arrancar o elétron de um átomo neutro e que é necessário muito mais energia para arrancar o elétron de uma camada mais interna.

A terceira e última propriedade a ser trabalhada é a afinidade eletrônica, definida como a energia liberada por um átomo ao absorver um elétron. É dito que a afinidade eletrônica serve como indicativo da tendência de um átomo em formar ânions, que o raio do ânion é maior do que o raio do átomo neutro devido ao aumento das repulsões eletrônicas, e que a afinidade eletrônica varia ao longo da Tabela Periódica de forma quase idêntica à energia de ionização. O parágrafo final do tema 2 cita outras propriedades com variação periódica, como o raio atômico e o ponto de fusão, sem entrar em detalhes de como seria essa variação, e conclui dizendo que as informações sobre a configuração eletrônica dos elementos que estão contidas na Tabela Periódica são úteis para identificar que tipos de substâncias podem ser compostas por determinados elementos químicos e que isso poderia ser útil para a “compreensão dos mais variados processos sob o ponto de vista da composição da matéria.”.

Na parte final do tema há uma seção de atividades contendo 10 exercícios. O primeiro exercício pede para que os estudantes expliquem a cor azul observada em fogos de artifícios de cobre. O segundo exercício pede para que os discentes identifiquem na tabela qual elemento neutro possui a mesma configuração eletrônica do ânion fluoreto, possivelmente em uma tentativa de mostrar que os elementos perdem e ganham elétrons para adquirir a mesma configuração eletrônica de um gás nobre. O exercício 3 diz respeito à média ponderada das massas dos isótopos. O quarto exercício aborda a distribuição dos elétrons nos níveis de energia. A questão 5 pede para que os alunos expliquem por que o espectro de emissão do hidrogênio possui várias linhas se o átomo só possui um elétron. A questão 6 se trata de uma reflexão a respeito da construção da ciência e sua relação com as tecnologias e o momento histórico. A questão 7 está relacionada à distribuição eletrônica nos subníveis de energia, e a questão oito pretende que os estudantes reflitam sobre a densidade dos elementos químicos e a composição do núcleo da Terra. A questão 9 é a única que foi retirada de uma prova de vestibular (Unifesp) e fala sobre a energia de ionização. A questão 10 solicita que os alunos tracem um gráfico exibindo a relação entre o número de elétrons de valência e o número atômico dos 20 primeiros elementos da tabela periódica. Esse último exercício, em particular, adota um tom investigativo, ao perguntar se os alunos observam alguma regularidade no

gráfico, porém esse caráter investigativo não consegue se efetivar, já que essa regularidade já foi evidenciada em detalhes ao longo do capítulo. Dessa forma, o exercício acaba possuindo caráter apenas verificatório.

O tema 2 possui ao todo 15 figuras. Destas, seis figuras foram classificadas por nós como representações esquemáticas (2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.9 e 2.11), quatro como diagramas (2.6, 2.12, 2.13 e 2.14), três como ilustrações (2.7, 2.8 e 2.9) e duas como gráficos (2.3 e 2.15).

5.1.2 Tema 4 da unidade 1 do volume 1:

A eletronegatividade é trabalhada no tema 4 da mesma unidade e do mesmo volume, intitulado “Química da Vida”. Esse tema trata das ligações químicas covalentes e apresenta o conceito de eletronegatividade para falar sobre a polaridade das ligações covalentes. A definição que os autores utilizam para eletronegatividade é a de “tendência dos átomos em atrair elétrons para si em uma ligação química”. A escala numérica de Linus Pauling é mencionada porém não é exibida, é ressaltado que a polaridade é uma propriedade relativa, e que só pode ser definida em relação a outro elemento químico, o que provavelmente justifica a sua localização em um tema diferente das demais propriedades. Não obstante o fato de que a eletronegatividade é uma propriedade intrínseca às ligações químicas e de que seria interessante mencioná-la somente ao estudar esse conteúdo, para evitar que os estudantes incorrem num obstáculo substancialista a respeito das propriedades dos átomos, também é verdade que a eletronegatividade é uma propriedade periódica, conforme foi destacado no texto, em negrito, pelos próprios autores. Nesse ponto, não houve uma explicação clara das razões de sua variação ao longo da tabela, relacionando-a com a energia de ionização, apenas foi dito que “em geral, ela aumenta com o aumento do número atômico no período e diminui ao longo do grupo.”.

5.1.3 Conclusões sobre a obra Lopes & Rosso

Sobre a coleção Lopes & Rosso, pode-se afirmar que, apesar de não adotarem um caráter investigativo nas suas explicações, e não proporem nenhum experimento ou demonstração aos estudantes, os autores fizeram uma boa contextualização histórica e temática dos conteúdos desenvolvidos ao longo do tema, se esforçando para mostrar o processo de construção do conhecimento científico, marcado pelo trabalho colaborativo e por controvérsias. Apesar de cometerem algumas contradições conceituais, os autores não incorreram em obstáculos epistemológicos ao longo do texto, tendo abordado as teorias atômicas mais modernas e complexas, que durante muito tempo não foram mencionadas nos materiais didáticos para o Ensino Médio, sem cometer simplificações grosseiras e

inadequadas. Esta mudança na abordagem, fornece uma alternativa às críticas que foram presentes por muito tempo de que os livros didáticos de química da Educação Básica apresentavam uma “ciência morta”, somente com conceitos e teorias que já foram superados há quase um século. Essa dessintonia entre o estado atual do desenvolvimento da Ciência e o que é ensinado nas escolas é notada de forma acentuada no estudo da natureza do átomo: há um consenso entre os produtores de material didático de que o modelo atômico quântico é demasiadamente complexo para ser ensinado aos estudantes, e normalmente apenas os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Böhr são abordados, tratando o elétron como uma partícula sujeita às leis da mecânica clássica. No entanto, a explicação sobre a natureza dos subníveis de energia pode não ter sido clara o suficiente, em decorrência da escolha de não se mencionar o conceito de números quânticos.

No quadro abaixo, encontra-se um resumo das principais conclusões obtidas a respeito deste Projeto Integrador, em função dos objetivos desta análise:

A Tabela Periódica é explicada na totalidade da sua estrutura?	A configuração eletrônica é definida em níveis e subníveis de energia e relacionada com os grupos e períodos da tabela
	A teoria atômica mecânico-quântica é trabalhada e são vistos conceitos como dualidade partícula-onda, princípio da incerteza, orbital atômico, interpretação estatística
Como é feita a abordagem dos eventos históricos que marcaram o desenvolvimento da Tabela Periódica?	A construção do conceito de elemento químico de Lavoisier até Moseley é retratada na obra
	Menção as tabelas de Lothar Meyer e Mendeleev e atualização da Lei Periódica por Moseley
Como é feita a abordagem das propriedades periódicas?	Menção à densidade, explicações fundamentadas na estrutura atômica para afinidade eletrônica e energia de ionização
	Eletronegatividade trabalhada em um tema à parte, sem explicações sobre a sua variação ao longo da tabela
	Raio atômico e temperatura de ebulição são citados mas não explicados

Tabela 1 - Principais observações referentes à obra Lopes & Rosso

5.2 Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Após uma análise do sumário de todos os volumes da coleção Conexões: Ciências da Natureza, chegou-se a conclusão que a tabela periódica e as propriedades periódicas são abordadas no primeiro capítulo do primeiro volume. O volume se chama *Matéria e Energia* e o capítulo é intitulado: *O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita*. Cabe ressaltar que o capítulo não é inteiramente dedicado ao estudo dos conteúdos que são alvo desta análise: nele também se encontram tópicos, como extração e refino de petróleo e separação de misturas. Os conteúdos referentes à Tabela Periódica e às propriedades periódicas foram localizados em alguns tópicos do subcapítulo “Do que os materiais são constituídos?”, que também fala sobre modelos atômicos e ligações químicas. De início, já é possível notar que os autores abordaram esses tópicos, que deveriam ser o ponto de partida para a compreensão da estrutura e das transformações da matéria, de maneira bastante resumida.

Após uma primeira leitura, chegou-se à conclusão de que o primeiro tópico a falar sobre os conteúdos que são alvo nessa análise era o que falava sobre o número atômico. O conceito é descrito em quatro frases, e o tópico seguinte fala sobre elementos químicos. É feita uma diferenciação entre os significados de átomo e de elemento químico, explicando como a conceituação atual do segundo só foi possível após os experimentos de Henry Moseley, que determinaram a carga nuclear dos elementos. É mencionado, no livro, que os cientistas dos séculos anteriores e os alquimistas possuíam outra definição para elemento químico, sem citar, no entanto, quais seriam elas. Ao finalizar o tópico, os autores explicam como funciona a notação atual dos símbolos dos elementos químicos.

O tópico seguinte, intitulado “Massa atômica”, apresenta a definição desse conceito e também a notação usual de um elemento químico com seu número atômico e massa atômica. Em seguida, apresenta a definição de isótopos, utilizando o oxigênio como exemplo. Logo após, outro tópico, “Distribuição dos elétrons no átomo” retoma o modelo proposto por Böhr para o átomo, segundo o qual “os elétrons giram ao redor do núcleo, em camadas eletrônicas ou níveis de energia, e que isso é possível sem que eles percam energia”. São mencionadas as camadas eletrônicas e é afirmado que há um número máximo de elétrons comportada por cada uma. Em sequência, é exibida uma tabela com a distribuição eletrônica nos níveis de energia para o hélio, o berílio e o sódio. Nesta tabela, há um erro: é atribuído o número atômico 2 para o berílio

Distribuição eletrônica dos elementos					
Elemento químico	Camadas ou níveis de energia				
	K (n = 1)	L (n = 2)	M (n = 3)	N (n = 4)	O (n = 5)
${}_{2}\text{He}$	2				
${}_{4}\text{Be}$	2	2			
${}_{11}\text{Na}$	2	8	1		

Ativar o Windows

Figura 4- tabela onde é informado que o número atômico do Be é 2

O tópico prossegue, falando agora sobre elementos com mais de 18 elétrons, como o cálcio e o estrôncio. É afirmado que não são encontrados na natureza átomos com mais de 8 elétrons em sua última camada, e que casos onde a última camada seria preenchida com mais de 8 elétrons, ela na verdade possui 8 elétrons, e os elétrons restantes ficam em uma camada mais externa.

No tópico seguinte, que possui o título de “Uma orientação inicial sobre distribuição eletrônica”, é possível ver que a escolha dos autores de não desenvolver o estudo da estrutura do átomo a partir da perspectiva quântica leva a uma explicação confusa sobre a distribuição eletrônica, onde as quantidades máximas de elétrons de cada nível não são explicadas em nenhum momento, assim como o fato de não haver mais de 8 elétrons em um último nível de energia. A ideia de que os elétrons “giram” ao redor do núcleo, que foi exposta no início do tópico anterior, também não possui nenhum aprimoramento conceitual posterior no decorrer do capítulo, o que pode ser caracterizado como um obstáculo verbal, ao não desconstruir a ideia de “modelo planetário” que foi inicialmente pensada por Böhr, mas já superada há um século. Partindo destas premissas, esse subtópico consiste em um guia para fazer a distribuição eletrônica que é válido apenas para elementos representativos. Como já foi dito, a omissão de conceitos como subníveis de energia e números quânticos não acaba, necessariamente, por tornar o passo-a-passo aqui apresentado de fácil compreensão. Cabe destacar as últimas duas orientações:

- se o número de elétrons (n) a ser colocado for tal que $18 > n > 8$, basta subtrair 8, passando o que resta para a outra camada. Reveja, na tabela, o exemplo do estrôncio (Sr)

- se você colocar um número de elétrons (n) tal que $32 > n > 18$, subtraia de n 18 elétrons e passe o que resta para a camada seguinte.

Após isso, é apresentada uma tabela exemplificando como deve ocorrer essa distribuição para o césio. É importante destacar que nada é comentado sobre o motivo da camada N não poder possuir um número de elétrons intermediário entre 18 e 32, por exemplo.

$^{55}\text{Cs:}$	K	L	M	N	O	P
	2	8	18	27 18	9 18	1
				-18	-8	
				9	1	

$^{55}\text{Cs:}$	K	L	M	N	O	P
	2	8	18	18	8	1

Figura 5 - Diagrama ilustrando a distribuição eletrônica do césio

Os autores fecham esse tópico com uma observação (termo consta destacado em negrito no livro) de que as regras que foram apresentadas “são úteis apenas para que você compreenda alguns conceitos básicos da Química. No entanto, não valem para todos os elementos químicos”. Aqui é possível identificar que o capítulo não tem o objetivo de fornecer uma explicação conceitual que contemple a natureza eletrônica de todos os elementos químicos, mas apenas promover uma aprendizagem mecânica e empírica sobre a distribuição dos elementos químicos dos primeiros três níveis de energia.

Há, em sequência, uma seção de atividades contendo sete exercícios. O primeiro exercício objetiva que os estudantes sejam capazes de reconhecer um elemento químico pelo seu símbolo, o segundo pergunta a semelhança entre as configurações eletrônicas do nitrogênio e do fósforo. O terceiro exercício é análogo ao segundo, desta vez perguntando a relação entre a configuração do carbono e do silício. O quarto e o quinto exercício abordam o número atômico e a equivalência ao número de elétrons de um átomo. A questão seis pergunta quais modelos atômicos são compatíveis com a existência de íons e o sétimo exercício aborda as características de carga e massa das partículas que compõem o átomo. Aqui é possível observar que alguns dos exercícios falam sobre aspectos conceituais sobre os átomos enquanto outros possuem apenas o intuito de instruir os estudantes a obter informações da tabela periódica. O primeiro e o quarto exercício trazem um exemplo prático da presença dos elementos mencionados em atividades humanas.

No tópico seguinte, “A formação de íons”, é explicado que mudanças na carga elétrica neutra de um átomo se dão por ganho ou perda de elétrons, sem alterações na quantidade de prótons no núcleo. Em seguida, é apresentada uma figura contendo a representação esquemática de um átomo de cálcio perdendo dois elétrons. No final do tópico, é mencionado que várias substâncias na natureza são formadas por íons, e cita o sal de cozinha como um exemplo

A seguir, vem uma nova seção de atividades, contendo quatro exercícios. O exercício 1 e o exercício 3 pedem para que seja determinado o número de partículas subatômicas em cátions e ânions, o exercício 2 fala sobre a configuração eletrônica de cátions metálicos em comparação com suas espécies neutras, e o exercício 4 solicitava a correção de uma afirmação supostamente escrita por um estudante de que a perda de elétrons altera o número atômico de um elemento. Dentre esses exercícios, cabe destacar, positivamente, o exercício 4, que é um convite explícito para o rompimento com uma concepção equivocada muito comum sobre a formação de íons, à qual muitos estudantes ainda podem estar apegados.

Após os exercícios mencionados acima, segue um subcapítulo, intitulado “Classificar: uma necessidade das Ciências”, que é dedicado a falar sobre a tabela periódica. Esse subcapítulo se inicia fazendo um breve panorama histórico do estado de desenvolvimento da química no início do século XIX, citando as obras: *Tratado Elementar da Química*, de Antoine Lavoisier, e *Novo Sistema de Filosofia Química*. Para reforçar a ideia de que as ciências naturais estão sempre em busca de sistemas de classificação, também cita o *Principia Mathematica*, de Isaac Newton, e *Systema Naturae* e *Species Plantarum*, ambas de Carl Lineu. Após citar essas obras, os autores mencionam a necessidade que a comunidade científica possuía de criar uma forma para organizar os cerca de 50 elementos químicos que já haviam sido descobertos por volta de 1830. Aqui, apenas a proposta de Mendeleev é mencionada, sendo classificada como “a mais abrangente e, por isso, a de maior importância.” Não são mencionadas características marcantes da organização proposta por Mendeleev, como o fato de ela prever as propriedades químicas de elementos que só seriam descobertos décadas após a sua publicação.

O tópico seguinte, contido dentro do subcapítulo anteriormente mencionado, possui o título: “A classificação atual dos elementos químicos”. Esse tópico é dedicado a explicar a organização da tabela periódica atual, que está impressa na página seguinte. Ele fala sobre a organização atual dos elementos, dada pelos seus números atômicos, conceito que só surgiu após a morte de Mendeleev. Dentro deste tópico, há outro, dedicado a tratar sobre a divisão da tabela periódica em grupos e períodos. É citada a antiga forma de divisão dos grupos da

tabela, que utilizava números e letras, e separava os elementos em duas categorias maiores: a dos elementos representativos e os de transição. Em seguida, os elementos do grupo 14 são utilizados para exemplificar que todos os elementos químicos do mesmo grupo possuem a mesma quantidade de elétrons no último nível de energia. Em seguida, é dito que essa mesma quantidade de elétrons no último nível de energia confere propriedades químicas semelhantes, e que o período de um elemento é indicativo do nível de energia ocupado pelos seus elétrons mais energéticos. Não é feita nenhuma explicação sobre a natureza dos elementos de transição, novamente devido ao fato de que os subníveis de energia não foram abordados em nenhum momento neste capítulo.

A página seguinte é inteiramente ocupada pela tabela periódica atual, com 118 elementos listados, com o símbolo, número atômico e número de massa de cada elemento. As únicas classificações que os elementos possuem, baseado em cores, são a de metais, com as células de cor rosa, e de não metais, com as células coloridas em azul. Após a Tabela Periódica, o tópico seguinte é intitulado “Os gases nobres e a teoria eletrônica das ligações”, e nesse tópico é comentado sobre o fato dos gases nobres não fazerem parte de nenhum composto químico e serem encontrados na natureza na forma de gases monoatômicos. É dito que esse comportamento dos gases nobres foi usado como referência a chamada “teoria do octeto”. Os autores não explicam o que seria exatamente a teoria do octeto, apenas afirmam que “Embora muito úteis até os dias de hoje, não explicam todas as possibilidades de ligação entre os átomos dos vários elementos químicos.”. Ainda dentro desse tópico, são apresentados os conceitos de ligação iônica e ligação covalente, e os tópicos seguintes são dedicados a falar sobre as ligações químicas entre os átomos.

Não foi localizada qualquer menção às propriedades periódicas no restante do volume 1. A eletronegatividade é brevemente mencionada no capítulo 5 do volume 3. O volume 3 é intitulado “Saúde e Tecnologia”, e o capítulo 5, “Algumas substâncias utilizadas na área da saúde”. Este capítulo fala, entre outras coisas, sobre as principais funções orgânicas trabalhadas no Ensino Médio, substâncias utilizadas como anestésicos, analgésicos e antissépticos. Ao falar sobre o sabão, são abordadas a reação de saponificação, polaridade das moléculas, geometria molecular e interações intermoleculares. A eletronegatividade é mencionada para explicar a polaridade das moléculas. Ela não chega a ser propriamente definida, é apenas dito que “Quanto maior for o valor de eletronegatividade de um átomo, maior será a capacidade desse átomo de atrair os elétrons da sua ligação com outro átomo”. Em nenhum ponto deste capítulo é mencionado o que faz com que um elemento seja mais

eletronegativo do que outro, nem quais seriam os elementos mais eletronegativos ou ainda a variação periódica desta propriedade ao longo da tabela.

5.2.1 Conclusões sobre a obra *Conexões*:

Na coleção *Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*, é possível notar uma divisão bastante interdisciplinar dos capítulos, com muitos deles tratando de temas comuns à química, física e à biologia de forma integrada, com o intuito de se gerar uma compreensão multidisciplinar de temas com relevância socioambiental, como consumo e produção de energia e a reciclagem de materiais, por exemplo. Apesar de bem intencionada, essa integração acabou por tornar a abordagem dos conteúdos científicos demasiadamente superficial, haja visto que a tabela periódica foi estudada ao longo de somente uma página, sem nenhuma menção às propriedades periódicas, como raio atômico e energia de ionização, por exemplo.

Tendo em vista as análises realizadas neste trabalho, é possível afirmar que este Projeto Integrador realizou a abordagem sobre a tabela periódica mais insuficiente em detalhes e em conceitos. Apesar de não ter sido notada a presença significativa de obstáculos verbais, substancialistas ou animistas na redação dos textos, a ausência de pontos importantes, como o rompimento dos modelos atômicos que surgiram a partir do de Niels Bôhr com a mecânica clássica, a divisão dos níveis de energia em subníveis e até mesmo a variação periódica das propriedades atômicas, faz com que os estudantes que possuam esse livro como única referência para o estudo do átomo não obtenham um entendimento pleno sobre esse tema, e não estejam preparados para a realização de concursos vestibulares para o ingresso no nível superior.

No quadro abaixo, encontra-se um resumo das principais conclusões obtidas a respeito deste Projeto Integrador, em função dos objetivos desta análise

A Tabela Periódica é explicada na totalidade da sua estrutura?	Não há nenhuma menção aos conceitos de mecânica quântica
	A configuração dos níveis de energia é relacionada com os grupos e períodos da tabela
Como é feita a abordagem dos eventos históricos que marcaram o desenvolvimento da Tabela Periódica?	Construção do conceito de elemento químico desde a alquimia até Moseley.
	Menção a outros trabalhos da ciência com

	intuito classificatório, como o <i>Principia Mathematica</i> , de Newton e os trabalhos de Lineu
	Apenas a tabela de Mendeleev é citada como tentativa de organização dos elementos químicos
Como é feita a abordagem das propriedades periódicas?	Não há nenhuma menção a nenhuma propriedade periódica no capítulo dedicado a falar sobre a Tabela Periódica
	A eletronegatividade é mencionada em outro capítulo mas não é definida e nem tem sua variação explicada

Tabela 2- Principais observações referentes à obra *Conexões*

5.3 Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Após analisar os sumários dos seis volumes da coleção *Moderna Plus-Ciências da Natureza e suas Tecnologias*, chegou-se à conclusão de que a tabela periódica e as propriedades periódicas são trabalhadas no primeiro volume, intitulado *O Conhecimento Científico*, mais especificamente no capítulo 4, que por sua vez possui o título Modelos atômicos e tabela periódica. Nesta coleção, também foi observado que a eletronegatividade não foi trabalhada junto com as demais propriedades periódicas, mas sim no capítulo 9, que fala sobre ligações químicas. Essa escolha de organização do conteúdo reflete uma tendência característica dos materiais didáticos presentes nesta edição do PNLD.

5.3.1 Capítulo 4

Na primeira página do capítulo 4, consta um texto introdutório e uma caixa de texto que menciona quais habilidades específicas de CNT na BNCC pretendem ser desenvolvidas ao longo do capítulo. São citadas a EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT205, EM13CNT207, e também todas as nove habilidades referentes a terceira competência específica das CNT para o Ensino Médio, com exceção da EM13CNT310, além da habilidade EM13LP45, referente a Língua portuguesa. O texto introdutório fala sobre o que seria um modelo científico, destacando que eles servem para explicar, descrever e prever os fenômenos naturais, mas também que ele se trata de uma interpretação humana da realidade, e não da realidade em si. O texto finaliza falando sobre modelos atômicos, informando que eles são sustentados em experimentos e evidências indiretas, e que podem sofrer alterações com o tempo, conforme surgem novas evidências. Aqui, cabe ressaltar o esforço dos autores

para que os estudantes não pensem no átomo por um viés realista, mas que o entendam como uma conceituação abstrata elaborada a partir de evidências experimentais que estão além da percepção dos nossos sentidos.

O primeiro item do livro é intitulado: “Átomos e a natureza elétrica da matéria” e fala sobre o modelo atômico de Thomson e do experimento de Rutherford que o levou a elaborar o seu próprio modelo atômico. Também menciona experimentos que levaram à caracterização dos prótons e dos nêutrons. O segundo item, Elemento químico e número atômico, começa por fazer uma diferenciação entre fenômenos nucleares e reações químicas, ressaltando que as segundas envolvem alterações apenas na eletrosfera dos átomos, deixando o núcleo inalterado. Os trabalhos de van den Broek e de Moseley são citados, sem que se entre em detalhes, como responsáveis por fazerem com que o número de cargas positivas de um átomo determine de qual elemento químico ele se trata.

O texto que segue introduz o conceito de número de massa e a notação usual para o número atômico e o número de massa de um átomo. É mencionada a possibilidade de dois átomos de um mesmo elemento possuírem números de massas diferentes, com o aviso de que isso será visto mais adiante neste capítulo. O item se encerra abordando o conceito de íons e mostrando como é feita a sua notação. Neste ponto, encontra-se a figura 3, que é uma foto de um banco de imagens de uma mulher negra bebendo um copo d’água, para ilustrar que na água podem existir diversos íons dissolvidos. Nesta mesma página, há uma seção chamada “Dialogando com o texto”, que consiste em uma pequena caixa de texto com perguntas a respeito de íons que foram mencionados na legenda da figura 3. É solicitado aos estudantes que indiquem a quantidade de prótons e elétrons existentes nos íons e nas espécies neutras, em um esforço para assentar em suas mentes a ideia de que um átomo adquire carga elétrica positiva ao perder elétrons e negativa ao ganhá-los, não sofrendo alteração no seu número atômico durante esse processo.

O terceiro item possui o título “Tabela periódica”, e a apresenta sem fazer nenhum apanhado prévio sobre os eventos históricos que levaram ao seu surgimento e ao seu formato atual. Nenhum cientista é citado como responsável por sua elaboração, e a divisão da tabela periódica em grupos e períodos é apresentada antes do modelo atômico de Böhr, antes mesmo que seja mencionada a incompatibilidade do modelo de Rutherford com as leis da física clássica. Introduzir os estudantes à tabela periódica atual enquanto eles ainda têm o modelo atômico de Rutherford como o mais próximo da realidade faz com que eles não consigam compreender a totalidade das informações contidas na tabela. Após definir o que seriam os grupos e os períodos, o texto cita, em tópicos, os nomes pelos quais são conhecidos os grupos

1, 2, 16, 17 e 18. É feita a divisão dos grupos entre elementos de transição (3 a 12) e elementos representativos (1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 e 18). É mencionado que os lantanídeos e os actinídeos são elementos de transição interna, porém não é mencionado explicitamente em nenhum momento quem são os lantanídeos e os actinídeos, já que eles não são legendados na tabela periódica localizada na página seguinte. Ao lado do item 3, consta a figura 4, um retrato da física austríaca Lise Meitner. A legenda desta figura menciona as suas contribuições para a ciência e menciona que o elemento químico Meitnério foi nomeado em sua homenagem.

Nesta altura do capítulo, há uma tabela periódica, que ocupa uma folha inteira em modo paisagem. Ela possui os 118 elementos reconhecidos pela IUPAC e traz três classificações para os elementos, representadas por diferentes cores: Uma para o hidrogênio, metais e elementos transurânicos, outra para não metais, e a terceira para gases nobres de ocorrência natural, na qual constavam os elementos químicos do grupo 18, com exceção do oganessônio. Na página seguinte, há um parágrafo para explicar cada uma das categorias: metais, não metais e gases nobres. A antiga categoria de semimetais é citada no capítulo, mas com o aviso de que atualmente ela se encontra em desuso. Na mesma página, se encontra uma caixa de texto, localizada no canto direito, com o título de “Atividade em grupo”, onde é sugerido aos estudantes que se dividam em grupos e realizem uma pesquisa sobre diferentes elementos químicos, com ênfase para a sua eventual presença no corpo humano ou toxicidade. Os estudantes deveriam utilizar recursos digitais para apresentarem os resultados de sua pesquisa aos colegas. É possível perceber que essa atividade é uma forma do capítulo trabalhar, sobretudo, as habilidades EM13CNT104 e EM13CNT302.

O item 4, Isótopos, traz a definição e explica a origem grega do termo, e também cita que cada isótopo de um elemento possui uma abundância percentual relativa. É enfatizado que a soma dessas porcentagens é igual a 100%, porém não é mencionado que essa abundância relativa é utilizada para calcular a média ponderada da massa atômica dos isótopos, e que esse é o valor de massa atômica que consta na tabela periódica como sendo o do elemento.

Em seguida ao item 4, há uma seção de atividades com sete exercícios. Os primeiros três pedem para que os estudantes determinem a quantidade de partículas subatômicas que constituem diferentes isótopos e íons. O quarto exercício solicita que os estudantes pesquisem e registrem em seus cadernos os 20 elementos químicos que possuem apenas um isótopo natural. É necessário fazer aqui um questionamento sobre qual seria a finalidade prática desta atividade no sentido de consolidar o entendimento dos discentes sobre os conceitos

trabalhados no capítulo. A questão 5 fala sobre a descoberta dos elementos Neodímio e praseodímio. Ela pede que os estudantes analisem os isótopos desses elementos e tente identificar, entre eles, quais seriam isótonos e isóbaros, sem utilizar, no entanto, esta nomenclatura. A questão seis pede para que os estudantes determinem quantas moléculas de água podem ser formadas a partir da combinação entre os isótopos de hidrogênio e oxigênio. A questão sete pede para os estudantes pesquisem a abundância relativa dos isótopos citados no exercício anterior e partir disso deduzam qual molécula de água é a mais comum no planeta.

O item 5 é intitulado “O modelo atômico de Bohr”. Ele se inicia falando sobre experimento de decomposição da luz de uma lâmpada incandescente, que dá origem a um espectro de cores contínuo, e o contrasta com o espectro produzido por uma lâmpada de gás, no qual “não se obtém o espectro completo, mas apenas algumas linhas coloridas”. Esse segundo espectro seria o espectro atômico ou espectro de linhas, de acordo com o texto. Neste ponto do texto, estão localizadas, em sequência, as figuras 5 e 6. A figura 5 consiste no esquema do experimento de decomposição da luz para uma lâmpada incandescente e uma lâmpada de gás, mostrando os espectros obtidos em cada caso. A figura 6, por sua vez, mostra os espectros de emissão descontínuos para cinco elementos: sódio, mercúrio, hélio, cálcio e lítio.

Niels Böhrr é mencionado e é dito que seu modelo atômico incorporou os conceitos de Max Planck ao modelo de Rutherford. É feita uma breve explicação do conceito de quanta proposto por Planck. Os postulados de Böhrr são então citados em tópicos, acompanhados pelas figuras 7 e 8, que correspondem a esquemas que ilustram como ocorre a excitação eletrônica segundo o seu modelo atômico. É ressaltado que a energia do elétron nesse modelo é quantizada e o texto então explica em detalhes como as diferentes cores emitidas por diferentes elementos na lâmpada de gás são resultado da transição dos elétrons entre diferentes níveis de energia.

Após o item 5, são propostas, em sequência, uma atividade prática e uma atividade em grupo. A atividade prática é uma investigação a respeito da natureza de materiais fosforescentes, que “brilham no escuro”. Os estudantes devem comparar um desses objetos que foi exposto à luz com outro que passou 24 horas no escuro e, a partir disso, engajarem em um debate em equipes para determinar a natureza do comportamento fosforescente. As conclusões deste debate devem ser publicadas por cada equipe em uma mídia digital, o que demonstra uma forma encontrada pelo livro de desenvolver a habilidade EM13CNT302. A habilidade EM13CNT205, referente a “interpretar dados e realizar previsões sobre atividades

experimentais...” também é trabalhada no capítulo, assim como a habilidade EM13CNT301, relativa à “Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas...” (ANEXO A). A atividade em grupo, por sua vez, solicita que os estudantes se dividam em grupos, e que cada grupo responda uma questão relacionada à emissão de luz pelos átomos, apresentando sua resposta para o restante da turma. Com isso, pretende desenvolver, principalmente, a habilidade EM13CNT303, ao exigir que os estudantes interpretem textos de divulgação científica para responder às perguntas propostas. Ao lado da caixa de texto que apresenta a atividade em grupo, há a figura 9, um retrato da oftalmologista estadunidense Patricia Era Bath (1942-2019), responsável por desenvolver um dispositivo que utiliza laser para remoção de catarata. É destacado, na legenda, que ela foi a primeira afro-americana a obter uma patente com propósitos médicos.

O item 6 é intitulado “Distribuição eletrônica nas camadas” e começa por informar que cada camada eletrônica comporta um número máximo de elétrons, que existe uma tendência dos elétrons ocuparem primeiramente os níveis de mais baixa energia e que quando um elétron se encontra no nível de menor energia possível ele está no estado fundamental. Os termos “menor energia possível” e “estado fundamental” encontram-se destacados em negrito. No item, não é explicado exatamente como a quantidade máxima de elétrons para cada nível é determinada, apenas é mencionado que os cientistas fazem isso “usando técnicas experimentais apropriadas”. É comentado que a partir do argônio é possível que um átomo tenha elétrons em sua camada mais externa sem que anterior esteja preenchida, e que isso não é explicado pelo modelo de Böhrr, mas sim pelo modelo “mecânico-quântico”, que seria mais avançado.

Na mesma página onde consta o item 6, também consta a figura 10, uma tabela com os grupos dos metais representativos. Os grupos 1 e 2 estão completos, enquanto os demais contêm os elementos até o sexto período. Em cada célula consta o símbolo do elemento, seu número atômico e distribuição dos elétrons em cada nível de energia, com a ordem indicada por uma legenda. Há também mais uma seção: “dialogando com o texto”, que solicita que os estudantes analisem “com muita atenção” os dados contidos na figura e, em seguida, faz algumas perguntas sobre as semelhanças que existem na configuração eletrônica entre átomos do mesmo grupo e do mesmo período.

O item 7 possui o título “Modelo atômico mecânico-quântico” e se inicia afirmando que o modelo atômico de Böhrr era apenas capaz de explicar corretamente as linhas do espectro do hidrogênio, porém os cálculos divergiam do que era observado para os átomos com mais elétrons. O texto segue dizendo que essa necessidade de encontrar um modelo que

fosse coerente para os demais átomos fez com que a física passasse por “uma revolução na maneira de encarar fenômenos do mundo atômico -molecular.” Sem entrar em detalhes conceituais, é dito que essa nova maneira de enxergar esses fenômenos levou a elaboração da Mecânica Quântica (termo destacado em negrito no texto). Ela é retratada como uma concepção resultante do trabalho de diversos cientistas, com Louis de Broglie, Werner Heisenberg, Max Born, Erwin Schrödinger, Wolfgang Pauli e Paul Dirac sendo citados nominalmente. O parágrafo seguinte menciona que, na época, havia evidências que demonstravam um caráter corpuscular da luz e também um caráter ondulatório para o elétron, quando foi observado que os elétrons poderiam sofrer difração.

No item 7, também explica-se a transformação que os conceitos da mecânica quântica causaram no conceito de incerteza, que deixou de ser uma ideia associada a falta de precisão dos métodos de medição e passou a ser inerente aos fenômenos quânticos. O princípio da incerteza é explicado em detalhes, sem que se mencione que foi concebido por Heisenberg. É afirmado que o modelo mecânico-quântico descreve o comportamento do elétron por meio de uma função de onda, a partir da qual é possível obter a energia e a probabilidade de encontrá-lo em uma certa região. Aqui a ideia de que os elétrons giram em órbitas ao redor do núcleo, que essencialmente constitui um obstáculo verbal, é destacada como incompatível com esse novo modelo atômico e substituída pelo conceito abstrato de orbital. O parágrafo final menciona que o modelo quântico foi capaz de explicar o espectro atômico de diversos elementos e deu origem ao conceito de subníveis de energia. Não é mencionado como se dá a divisão dos níveis de energia em subníveis e nem quais seriam esses subníveis.

Na lateral da página onde está localizado o item 7, é proposta mais uma atividade em grupo. Aqui, os estudantes devem se organizar em grupos para criarem campanhas de conscientização sobre o uso de expressões da mecânica quântica para promover práticas de charlatanismo, um fenômeno que tem se tornado bastante frequente, sobretudo na última década. O trabalho deve consistir em uma gravação de áudio ou vídeo, a critério do professor. É notório que, para o público em geral, o termo “quântico” é um termo valorizado e que evoca um imaginário de alta ciência e tecnologia. Essa valoração normalmente precede qualquer contato com o conceito científico de quantização, e pode acabar levando a um entendimento enviesado pela subjetividade, onde os princípios da física quântica teriam desdobramentos diretos sobre as mais variadas áreas, como a psicologia e a medicina. Esse enviesamento causado por impressões prévias que os estudantes possuem a respeito do objeto de estudo foi caracterizado por Bachelard (1996) como parte do obstáculo da experiência primeira, e é positivo que os autores do livro proponham uma atividade em grupos que tenha

como um dos focos a sua desconstrução. Abaixo desta atividade em grupo, há a figura 11, que é uma representação do modelo quântico para o átomo com a eletrosfera mostrada em diferentes tons de azul que indicam diferentes densidades eletrônicas.

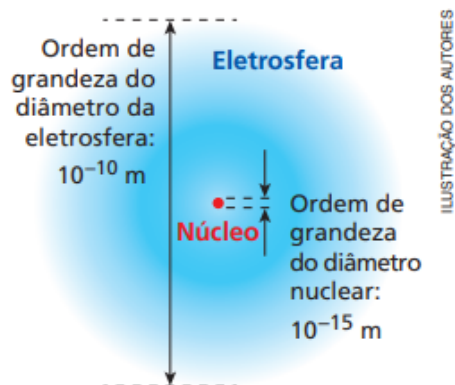


Figura 11 Representação do modelo atômico mecânico-quântico. Tons mais escuros de azul indicam maior densidade eletrônica. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)
Atente:

10^{-10} m = 0,000 000 000 1 m
 10^{-15} m = 0,000 000 000 000 001 m

Fonte: MCMURRY, J. E. et al. *Chemistry*. 7. ed. Upper Saddle River: Pearson, 2016.

Figura 6- Ilustração e legenda do modelo mecânico quântico

Na última página do capítulo 4 consta uma seção de “Atividades finais” que possui seis exercícios, todos eles questões do ENEM e de concursos vestibulares. O primeiro, retirado do ENEM, constitui-se por uma análise de um gráfico que comparava os números de prótons e nêutrons de diferentes elementos. O segundo exercício foi retirado da prova da UERJ e tem como objetivo verificar se os estudantes compreenderam que os elementos que compartilham propriedades semelhantes são aqueles do mesmo grupo. O terceiro exercício, retirado da FUVEST, utiliza um estudo de caso fantasioso para testar se os estudantes sabem quais são os elementos que compõem a atmosfera do planeta Terra. Esse exercício não traz um verdadeiro exame sobre os fundamentos dos conteúdos vistos no capítulo, podendo ser classificado apenas como uma trivialidade. O quarto exercício, o único dissertativo, pergunta como os elementos são organizados sequencialmente na tabela periódica e também solicita que os estudantes associem alguns grupos representativos aos seus nomes usuais. As questões 5 e 6 falam sobre a relação entre a posição dos elementos na tabela periódica e a sua distribuição eletrônica nos níveis de energia.

5.3.2 Capítulo 9:

No capítulo 4, não há menção às propriedades periódicas. A energia de ionização, a afinidade eletrônica e o raio atômico não são mencionados em nenhum outro capítulo de nenhum outro volume da coleção. A eletronegatividade, por sua vez, é citada no item 2 do capítulo 9 do mesmo volume. O referido capítulo fala sobre as ligações químicas interatômicas e, após falar sobre os gases nobres e a teoria do octeto no item 1, apresenta a eletronegatividade como uma propriedade desenvolvida por Linus Pauling em seus estudos sobre ligações químicas. A eletronegatividade é definida, no texto, como uma “grandeza que indica a intensidade com que um átomo ligado a outro atrai os elétrons envolvidos em uma ligação química.”. É explicado que essa intensidade depende da atração que o núcleo exerce sobre os elétrons camada de valência, e que essa atração depende, por sua vez, da quantidade de prótons presentes no núcleo e da distância entre o núcleo e a camada de valência. É apresentada, à direita do texto, uma tabela com os valores de eletronegatividade propostos por Pauling para alguns elementos dos grupos 1, 2, 13, 14, 15, 16, e 17. Não é citado, explicitamente, que a eletronegatividade trata-se de uma propriedade periódica.

O volume 2 da coleção Moderna Plus, intitulado *Água e Vida*, também menciona a eletronegatividade no capítulo 3: “Geometria Molecular e Interações Intermoleculares”, no item 2, Polaridade de ligações. Aqui, a sua definição é apresentada novamente, e dessa vez é citado que ela é uma grandeza que não possui unidade. Os fatores que determinam a eletronegatividade dos elementos são novamente citados, e também aparece mais uma figura contendo os valores de eletronegatividade da escala de Pauling para elementos representativos, com óbvia exceção dos gases nobres. O fato dessa propriedade ser citada em dois volumes diferentes da coleção de forma não interconectada faz com que se questione a escolha de dispor dois temas altamente relacionados, como ligações químicas e interações intermoleculares, tão distanciados um do outro.

5.3.3 Conclusões sobre a obra *Moderna Plus*

No que diz respeito à coleção Moderna Plus, não foram notados obstáculos epistemológicos na redação do texto, nem nas figuras e atividades propostas no capítulo, apesar de algumas destas atividades carecerem de propósito pedagógico efetivo. É necessário reconhecer o mérito da obra de também expor as limitações do modelo atômico de Bôhr e abordar as contribuições da mecânica quântica para o estudo da estrutura atômica. No entanto, é questionável a decisão dos autores de não explicar de forma mais detalhada como se dá a divisão dos níveis de energia em subníveis mesmo após terem tratado de detalhes da

teoria quântica, como o princípio da incerteza e da dualidade partícula-onda do elétron, pois assim a estrutura da tabela periódica e as propriedades dos metais de transição não podem ser plenamente entendidas pelos estudantes.

O estudo da tabela periódica costuma ser um tema no qual os autores de livros didáticos frequentemente aproveitam para fazer uma contextualização histórica sobre o seu desenvolvimento, muitas vezes citando tentativas de organização dos elementos anteriores àquela proposta por Mendeleev, e apontando a problemática da sua organização inicial por ordem crescente de massa atômica. Nesta coleção, no entanto, a tabela periódica é mostrada pela primeira vez já em seu formato atual, sem ter nenhum cientista citado como responsável pelo seu desenvolvimento, quase como se não se tratasse de uma criação humana. O momento no qual ela é apresentada, antes de que se fale do modelo atômico de Bôhr, também não é o mais adequado, pois a organização dos elementos químicos e as semelhanças que eles possuem entre si como resultado da sua distribuição eletrônica nos diferentes níveis de energia são expostas antes mesmo que se apresente o conceito de níveis de energia. Essa inversão na ordem habitual de abordagem dos conteúdos é despropositada e acaba indo na contramão da continuidade lógica que se espera de um livro didático ao apresentar seus tópicos.

Na coleção *Moderna Plus*, assim como na coleção *Conexões*, observou-se a escolha dos autores de simplesmente não citar as propriedades periódicas como um conceito da química. Apesar da eletronegatividade ser mencionada duas vezes em dois volumes diferentes da coleção, em nenhum momento é feita uma conexão direta entre ela e a tabela periódica. Se, nos antigos livros didáticos de química, as propriedades periódicas eram trabalhadas de uma forma memorística e baseada apenas em diagramas, nestas novas coleções de Ciências da Natureza elas são sumariamente ignoradas, o que acaba confirmando o argumento dos críticos do novo formato do PNLD para o Ensino Médio, que o acusam de ser excessivamente resumido e representar uma tendência de sucateamento da Educação Básica. Ainda que possam ser válidas as críticas ao conteudismo excessivo dos materiais didáticos do passado, a total exclusão do ensino das propriedades periódicas do currículo não pode ser considerada justificada, porque elas fundamentam o comportamento dos átomos em ligações e reações químicas e os estudantes podem ter o seu entendimento sobre a natureza da matéria prejudicado caso não tenham contato com esse tema ao iniciarem o seus estudos

No quadro abaixo, encontra-se um resumo das principais conclusões obtidas a respeito deste Projeto Integrador, em função dos objetivos desta análise.

A Tabela Periódica é explicada na totalidade da sua estrutura?	O modelo quântico é abordado mas não é relacionado com a estrutura da tabela periódica
	A configuração dos níveis de energia é relacionada com os grupos e períodos da tabela. Não há menção aos subníveis de energia e nem aos números quânticos
Como é feita a abordagem dos eventos históricos que marcaram o desenvolvimento da Tabela Periódica?	Não há nenhuma menção a qualquer aspecto histórico do desenvolvimento da tabela, nenhum cientista é citado como responsável por ela.
	Tabela Periódica apresentada é em seu formato atual antes de que se aborde o modelo de Böhr
Como é feita a abordagem das propriedades periódicas?	Não há nenhuma menção a nenhuma propriedade periódica no capítulo dedicado a falar sobre a Tabela Periódica
	A eletronegatividade é apresentada de forma separada em dois volumes diferentes, mas não é definida como uma propriedade periódicas

Tabela 3- Principais observações referentes à obra *Moderna Plus*

5.4 Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Após a análise dos sumários dos seis volumes da coleção, concluiu-se que a tabela periódica é abordada no terceiro capítulo da unidade 2 do primeiro volume. Nesta coleção, cada unidade possui a sua própria numeração de capítulos. Os títulos do volume, da unidade e do capítulo são, respectivamente: “O Universo da Ciência e a Ciência do Universo”, “Como tudo começou..” e “A organização dos elementos químicos”. Dentro da unidade 2, o capítulo 1 fala, principalmente, sobre cosmologia, e o capítulo 2 fala sobre os modelos atômicos, mencionando o modelo quântico, e apresentando uma breve explicação sobre a dualidade partícula-onda do elétron e o conceito de orbital atômico.

O primeiro item do capítulo 3, Desenvolvimento da tabela periódica, se inicia mencionando a necessidade de organizar os itens de uso cotidiano, como as roupas, como um pretexto para falar sobre as primeiras tentativas de organização dos elementos químicos que surgiram no início do século XIX. Para ilustrar essa comparação, há uma foto de um guarda-roupa bagunçado. Aqui, pode-se dizer que o texto tenta forçar uma analogia que

acaba representando um obstáculo verbal, já que a finalidade de organizar um guarda-roupa não possui uma relação clara com a de categorizar os elementos químicos a partir de suas características. Aqui, teria sido mais proveitoso traçar um paralelo com a forma que outras ciências, como a biologia, categorizam os seus objetos de estudo, para mostrar como isso também foi uma necessidade dos químicos do passado.

O que vem em seguida é um tópico falando sobre as primeiras tabelas periódicas. Antoine Lavoisier é creditado como autor da primeira tentativa de categorização dos elementos químicos, tendo dividido-os em gases, metais, não-metais e terras. Todas as tentativas de organização notáveis anteriores à tabela de Mendeleev são mencionadas neste início do capítulo, como as tríades de Döbereiner, o parafuso telúrico de Chancourtois, as oitavas de Newlands e a tabela de Lothar Meyer. Este último é creditado como tendo sido o primeiro a reconhecer uma periodicidade dos elementos em função de sua massa atômica.

Mendeleev é citado como autor do “trabalho mais bem-sucedido no desenvolvimento da tabela periódica”. O texto mostra que ele seguiu uma lógica similar a de Lothar Meyer, mas que seu diferencial foi deixar lacunas em sua tabela, prevendo a descoberta de cinco novos elementos e também as suas propriedades. O texto afirma que as suas previsões foram “incrivelmente precisas”. Após falar sobre Mendeleev, o texto cita os experimentos de Henry Moseley, que o levaram a concluir que as propriedades dos elementos químicos variam conforme a carga do seu núcleo, e introduz o conceito de número atômico. Ao longo do texto, há uma tabela onde constam as tríades de Döbereiner, uma representação do parafuso telúrico, retratos de John Newlands e Julius Lothar Meyer e também uma fotografia da primeira tabela periódica proposta por Mendeleev.

Em seguida a este texto, há uma versão da tabela periódica atual com os 118 elementos atualmente conhecidos, impressa em modo paisagem e ocupando quase toda a página onde ela está localizada. Os elementos estão classificados nas seguintes categorias, identificadas por cores: Hidrogênio, metais, metais de transição interna, não metais, gases nobres e elementos de classificação desconhecida (elementos 113 a 118). cada célula da tabela apresenta o nome do elemento, seu símbolo, e seus números, atômico e de massa. Há um pequeno parágrafo nesta mesma página com uma explicação sobre a sua divisão em grupos e colunas e também, logo acima da tabela, uma observação que informa que as cores da tabela não possuem valor científico e servem apenas como “recursos visuais pedagógicos.”

Na página seguinte, há mais um tópico reforçando a distribuição dos elementos em grupos e períodos, seguido por uma nova ilustração da tabela periódica, de menor tamanho,

destacando as informações contidas em cada célula, utilizando o sódio como exemplo. Essas informações são então explicadas em tópicos. Ao falar sobre os nomes e os símbolos dos elementos químicos, o texto menciona que 94 elementos ocorrem naturalmente e 24 são produzidos em laboratório. Também constam dois tópicos para falar sobre os grupos e períodos. O texto menciona que o período onde um elemento está localizado determina a quantidade de níveis eletrônicos que ele possui, destacando que os lantanídeos e os actinídeos fazem parte dos grupos 6 e 7, respectivamente. O tópico que fala sobre os grupos afirma que os grupos 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 são classificados como grupos representativos e os demais grupos como elementos de transição, que por sua vez são subdivididos em elementos de transição interna e externa. Em seguida, é afirmado que “Os elementos químicos de um mesmo grupo têm propriedades químicas semelhantes, pois apresentam a mesma configuração eletrônica em seu nível de valência.” e após isso há uma tabela onde consta a configuração eletrônica dos níveis de valência para cada um dos grupos nos subníveis de energia.

A presença desta tabela causou-nos um certo estranhamento inicialmente, já que em nenhum momento deste capítulo, e nem dos anteriores, os subníveis de energia foram mencionados. Ao consultar a seção do manual do professor referente a este capítulo, encontramos instruções sobre como trabalhar com os estudantes a distribuição eletrônica nos subníveis de energia, indicando como utilizar a posição do elemento na tabela periódica para determinar esta distribuição. Aqui, pode-se constatar que o livro está atribuindo exclusivamente ao professor a função de apresentar aos alunos a explicação de um conteúdo que é necessário para aquilo que os autores consideram como uma boa compreensão da matéria, mas que não é exposto diretamente na versão possuída pelos estudantes. Ao lado desta tabela, há uma caixa de texto com um ponto de exclamação ilustrado no canto superior esquerdo que informa que o hidrogênio não é classificado como um metal alcalino, apesar da sua configuração eletrônica $1s^1$.

O item seguinte é intitulado “Classificação dos elementos químicos”, e explica em maiores detalhes as categorias que foram apresentadas com a tabela periódica apresentada anteriormente. Neste item, consta uma figura com a representação da tabela periódica dividida em cores de maneira idêntica à tabela principal, mas sem os símbolos e os nomes dos elementos. De maneira logicamente natural, o hidrogênio é o primeiro a ser trabalhado. É citado, entre outras coisas, que ele é o elemento mais abundante do universo, que possui comportamento químico semelhante ao dos ametais e que pode ou não fazer parte do grupo 1. Ao lado deste parágrafo, há uma foto de um ônibus movido a hidrogênio, e uma legenda que

menciona que esse elemento pode ser utilizado como combustível e que libera apenas vapor de água em sua queima.

Em seguida à exposição destes dados sobre o hidrogênio, vem uma seção intitulada “trocando ideias”, solicitando que os estudantes se dividam em trios e pesquisem por fontes de energia utilizadas em veículos alternativas aos combustíveis fósseis e elaborem um workshop sobre cada uma delas. Esse workshop deverá ser posteriormente exposto à comunidade escolar.

Abaixo desta seção, há um tópico sobre os metais. Nele, é informado, entre outras coisas, que a maioria dos elementos químicos se constitui de metais, que eles têm tendência a perder elétrons, que são bons condutores de calor e corrente elétrica, dúcteis e maleáveis e que quase sempre estão no estado sólido. O tópico seguinte, que fala sobre os ametais, descreve-os afirmando que eles possuem propriedades opostas aos metais, destacando que eles podem ocorrer naturalmente nos três estados físicos. Como exemplo ilustrativo de metal e de ametal, há, neste ponto do capítulo, as figuras de um minério de hematita e de um punhado de enxofre, que tem sua utilização como matéria prima para produção de ácido sulfúrico destacada na legenda. O último tópico do capítulo fala sobre os gases nobres, possui um pequeno parágrafo que informa que eles são pouco reativos, possuem pouca abundância na atmosfera e que o argônio é o elemento mais comum. Abaixo deste parágrafo, há uma tabela onde consta o nome, o símbolo, e as principais aplicações de cada gás nobre. Ao lado desta tabela, consta uma foto ilustrativa de um letreiro de neon.

Ao final do capítulo, há uma seção de atividades contendo 11 exercícios. A questão 1 apresenta um recorte com os quatro primeiros elementos dos grupos 1 e 2, e em quatro ítems, pede para que os alunos identifiquem a quais grupos estes elementos pertencem, qual a configuração eletrônica do nível de valência de cada um, quais pares de elementos possuem propriedades semelhantes e qual a razão dessa semelhança (o fato de pertencerem ao mesmo grupo). Há um erro de redação no item c que acaba tornando difícil que se compreenda o que o exercício realmente está pedindo que se faça. É solicitado aos estudantes: “Em seu caderno escreva qual(is) dos pares de elementos a seguir tem (têm) propriedades químicas semelhantes aos elementos químicos do recorte.” E em seguida exhibe 5 alternativas com pares de elementos retirados do recorte apresentado. A intenção dos autores aqui é que os discentes indiquem quais pares são formados por elementos do mesmo grupo, porém o enunciado não expressa isso de forma clara.

1. Veja o recorte de uma parte da tabela periódica e responda às questões a seguir.

a) O recorte apresenta elementos de quais grupos?

b) Como é a configuração eletrônica do nível de valência desses elementos químicos? *O grupo 1 apresenta configuração ns¹ e o grupo 2, configuração ns².*

c) Em seu caderno escreva qual(is) dos pares de elementos a seguir tem (têm) propriedades químicas semelhantes aos elementos químicos do recorte. *II e III.*

I) Li e Be IV) Rb e Be
 II) Ca e Be V) Na e Ca
 III) K e Rb

d) Qual o critério utilizado para determinar se os elementos têm propriedades semelhantes?
Pertencimento ao mesmo grupo.

3 Li Lítio 6,94	4 Be Berílio 9,01
11 Na Sódio 22,99	12 Mg Magnésio 24,31
19 K Potássio 39,10	20 Ca Cálcio 40,08
37 Rb Rubídio 85,47	38 Sr Estrôncio 87,62

CYNTHIA SERGIJUCHI

Recorte da tabela periódica.

Figura 7- Exercício retirado da coleção *Diálogo* com o gabarito que consta na edição do professor.

O exercício 2 apresenta uma manchete sobre a produção de próteses ortopédicas de nióbio-titânio, pede para que os estudantes identifiquem o símbolo, o número e a massa atômica dos dois elementos. O item c pergunta “Qual é a importância da produção de próteses ortopédicas?” Em uma tentativa de fazer com que os alunos vejam como o estudo das propriedades dos materiais pode levar ao desenvolvimento de tecnologias que geram um grande impacto positivo na vida das pessoas. A atividade 3 fala sobre aplicações do cobre e faz quatro perguntas sobre as propriedades deste elemento e dos metais em geral, com ênfase na sua ductilidade e boa condução elétrica. A atividade 4 fala sobre o elemento frâncio, destacando que ele foi descoberto pela física francesa Marguerite Perey, exibindo um retrato da cientista. Ele pergunta aos estudantes o número atômico, o grupo e o período do elemento. Aqui é possível ver que o exercício foi utilizado como pretexto para destacar uma contribuição feminina ao desenvolvimento da ciência, conforme as diretrizes do PNLD 2021.

A atividade 5 é uma atividade de preenchimento de colunas onde os estudantes devem determinar o grupo de quatro elementos representativos. A atividade 6 traz algumas informações sobre o sódio e solicita que se identifique a afirmativa incorreta entre cinco que são feitas sobre esse elemento. A atividade 7 foi retirada de uma prova do IFSUL-RS e fala sobre a amálgama empregada em obturações nos dentes. Cita a sua composição e pede para que os estudantes identifiquem qual dos elementos citados possui o mesmo número de níveis de energia que o ferro.

A atividade 8 foi retirada do ENEM e pergunta aos estudantes por que o nióbio e o tântalo possuem propriedades semelhantes. A atividade 9 possui um formato característico de alguns vestibulares, e solicita que se identifique as sentenças corretas a respeito do elemento químico de número 38 (sem informar que se trata do estrôncio), e que se anote a soma dos valores dessas afirmativas. A décima atividade, tal qual a quarta, também é utilizada para destacar uma contribuição feminina para o desenvolvimento da ciência, ao mencionar três elementos químicos descobertos por Marie Curie: o rádio, o polônio e o tório. É pedido que se identifique qual das cinco afirmativas feitas sobre esses três elementos está correta. A atividade 11 traz alguns dados sobre o carbono e requer que os estudantes marquem a alternativa verdadeira sobre suas propriedades.

O livro traz exercícios em formato dissertativo e objetivo, que falam sobre diferentes grupos de elementos químicos, trazendo algum nível de contextualização sobre cada um deles e também aproveitando para destacar elementos químicos que foram descobertos por cientistas mulheres. No entanto, a maior parte deles apenas induz os estudantes a procurarem informações na tabela periódica de maneira mecânica, sem em nenhum momento problematizar a história do seu desenvolvimento e as rupturas epistemológicas que ocorreram para que ela chegasse ao seu formato atual.

Nenhuma propriedade periódica é citada no capítulo. Ao consultar o manual do professor, notou-se que os autores da coleção orientavam que, ao trabalhar com o capítulo 3, o professor deveria mencionar que a tabela periódica permite observar e prever propriedades periódicas, como a eletronegatividade, e eletropositividade, o raio atômico e a energia de ionização. O manual apresentava um parágrafo explicando o que seria cada uma dessas propriedades, acompanhado de um diagrama que mostrava suas tendências de crescimento ao longo da tabela. Esse é mais um conteúdo analisado que os autores consideram essencial para o conhecimento dos estudantes, mas que não é apresentado diretamente no texto didático. O mesmo também ocorreu com a configuração eletrônica dos átomos no nível de valência.

A eletronegatividade é brevemente citada no capítulo 1 da unidade 1 do volume 2 da coleção. O volume é intitulado “Vida na Terra: como é possível?” e o capítulo 1, por sua vez, “União dos átomos”. Neste capítulo, a eletronegatividade é mencionada para explicar a natureza da ligação iônica. O texto afirma que “A eletronegatividade está relacionada à capacidade de um átomo em atrair elétrons.” Não é citado que esta propriedade é referente a uma ligação química e que, por esse motivo, não se aplica aos gases nobres. Aqui, também não é feita nenhuma referência sobre os fatores que fazem com que a eletronegatividade de um elemento seja maior, ou menor, apenas é dito que na hematita, o composto usado como

exemplo de ligação iônica, o oxigênio recebe elétrons do ferro por ser muito mais eletronegativo.

5.4.1 Conclusões sobre a obra *Diálogos*:

Sobre a coleção *Diálogos - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*, foi constatado que os seus trechos dedicados a falar sobre a tabela periódica, apesar de sucintos, são bem redigidos e não reforçam obstáculos epistemológicos ou imprecisões conceituais. São citadas várias propostas de organização dos elementos anteriores ao surgimento da tabela periódica, com o destaque para as limitações que elas possuíam e que levaram ao surgimento de alternativas mais adequadas. Esse movimento do pensamento científico, de romper com concepções que se mostram insuficientes para explicar os fatos observados pelos experimentos, como por exemplo o de relacionar a lei periódica ao número atômico dos elementos, e não mais à sua massa atômica, como propunha Mendeleev, está alinhado à epistemologia da Ciência de Bachelard e está retratado nesta parte do capítulo.

O fato do livro trazer conteúdos que não são diretamente explicados na versão do estudante, mas citados apenas no manual do professor merece uma atenção especial, pois ao mesmo tempo em que o professor não deve se ater somente ao livro didático para elaborar suas aulas, o livro didático também deve servir como um material de consulta autônomo para os estudantes, explicando com clareza a totalidade dos conceitos que estão presentes nele. Não ficou claro o motivo dos autores para deixar a configuração eletrônica dos níveis de valência e as propriedades periódicas restritas ao livro do professor. É possível especular que isso se deu pela necessidade de respeitar um número máximo de páginas planejado para cada volume. Essa necessidade, por sua vez, é resultado das já mencionadas alterações promovidas pelo PNLN de 2021, que reduziu o total de volumes dedicados para as três ciências da natureza. Nesta coleção, é visível que não foi reservado espaço suficiente para o desenvolvimento dos temas analisados por este trabalho, já que tópicos importantes como as propriedades periódicas não são mencionadas na versão dos estudantes.

No quadro abaixo, encontra-se um resumo das principais conclusões obtidas a respeito deste Projeto Integrador, em função dos objetivos desta análise.

A Tabela Periódica é explicada na totalidade da sua estrutura?	A configuração dos níveis de energia é relacionada com os grupos e períodos da tabela
	Conceitos da mecânica quântica são vistos no capítulo anterior;
	A configuração dos subníveis de energia é apresentada, mas é explicada somente no manual do professor;
Como é feita a abordagem dos eventos históricos que marcaram o desenvolvimento da Tabela Periódica?	São citadas todas as principais tentativas de organização dos elementos que ocorreram antes da tabela de Mendeleev.
	É mencionada a atualização da Lei Periódica de Mendeleev por Moseley
Como é feita a abordagem das propriedades periódicas?	Nenhuma menção às propriedades periódicas no capítulo dedicado ao estudo da Tabela Periódica. Eletronegatividade, eletropositividade, raio atômico e energia de ionização são discutidas no manual do professor
	Eletronegatividade vista brevemente em um capítulo dedicado às ligações químicas, sem ter sua variação discutida

Tabela 4- Principais observações referentes à obra *Diálogos*

5.5 Matéria, Energia e Vida

Após analisar os sumários dessa coleção, concluiu-se que os capítulos que abordavam a Tabela periódica e as Propriedades Periódicas estavam localizados no volume intitulado “Materiais, Luz e Som”, que possui um foco no estudo dos conteúdos de física e química inorgânica. Os capítulos em questão são o capítulo 6: *O surgimento da tabela periódica, o modelo atômico de Böhr e níveis de energia* e o capítulo 7: *Modelo quântico para os átomos e a tabela periódica moderna*.

5.5.1 Capítulo 6

Na primeira página do capítulo são apresentadas as competências gerais e específicas da BNCC e também as habilidades que pretendem ser trabalhadas por ele.. O capítulo propõe trabalhar as competências gerais 1, 2 e 9: Conhecimento; Pensamento Científico, Crítico e Criativo e Empatia e Cooperação, respectivamente. O capítulo também pretende abordar as

competências específicas 2 e 3 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, por meio das habilidades EM13CNT201 e EM13CNT301

A introdução do capítulo aborda o modelo atômico proposto por Neils Bôhr, ressaltando que ele foi apresentado somente dois anos após o modelo atômico de Rutherford, que foi trabalhado no capítulo anterior, informando que ele foi fundamental para a compreensão da estrutura eletrônica dos elementos, da estabilidade do átomo e também que permitiu o desenvolvimento de tecnologias como a espectroscopia e o raio laser. O capítulo segue com uma retomada sobre o modelo atômico de Rutherford, explicando que, segundo os preceitos da física clássica, seria impossível que os elétrons se mantivessem ao redor do núcleo girando em uma órbita tal qual ocorre com os planetas ao redor do Sistema Solar. Antes de explicar a solução proposta por Bôhr para essa incongruência, o autor propõe que os estudantes realizem conhecido experimento do “teste da chama”

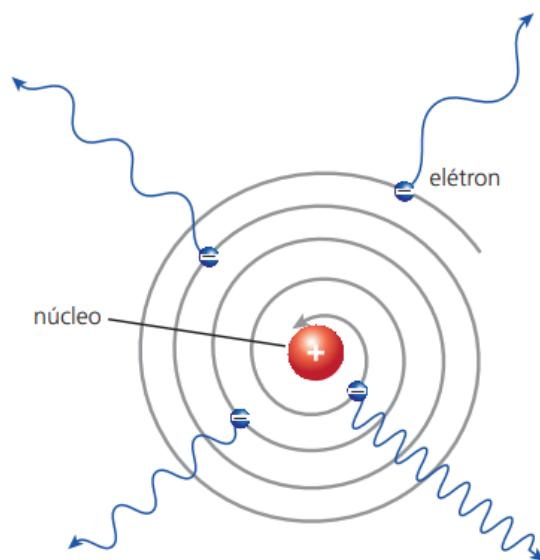


Figura 8: Ilustração demonstrando a incongruência física do modelo de Rutherford.

A experiência é apresentada em uma seção específica denominada “Atividade 1”, que ocupa uma página inteira, e propõe a combustão de quatro soluções distintas contendo o íon cloreto: cloretos de cálcio, bário estrôncio e ácido clorídrico. O fato deste experimento ser proposto logo na segunda página do capítulo, antes de ser realizada a apresentação do conceito de níveis de energia, faz com que essa atividade possua um caráter investigativo, o que sem dúvidas é um ponto positivo da abordagem que o livro faz deste assunto. No entanto, a execução proposta pelo autor é demasiadamente trabalhosa, já que ele propõe que os compostos sejam queimados em uma lata de refrigerante de alumínio “com cerca de 250 furos”. O autor propõe que quatro latas dessas sejam confeccionadas pelos estudantes, utilizando prego, um martelo e

areia, para evitar que a lata amasse durante o processo. A produção de mil furos em quatro latas de alumínio levaria um tempo excessivo para ficar pronta e o manuseio de um martelo pelos estudantes poderia acarretar em acidentes. O autor propõe que os estudantes elaborem hipóteses para o fato de substâncias diferentes apresentarem chamas com colorações diferentes e que reflitam sobre a importância da existência de métodos para a identificação de substâncias.

Na página seguinte, ao introduzir o conceito de *espectro de emissão*, o autor incorre no primeiro obstáculo verbal observável no capítulo, ao relacionar o fato de que cada elemento possui seu próprio espectro de emissão com o de cada instrumento possuir o seu próprio timbre. Esta analogia pode levar os estudantes a pensarem erroneamente que o timbre é um fenômeno associado à frequência das ondas, ou então que esses dois fenômenos possuam a mesma natureza física. O capítulo segue com uma explicação clara e correta sobre o funcionamento de um espectrômetro, explicitando a incompatibilidade entre o resultado experimental dos espectro de emissão do hidrogênio, que é discreto, e o modelo atômico de Rutherford, que prevê que a energia do elétron do hidrogênio depende apenas da sua distância do núcleo e pode possuir qualquer valor.

Após falar sobre os diferentes espectros emitidos pelos átomos, o capítulo adota uma abordagem histórica ao narrar os eventos que levaram Niels Böhr a propor um modelo que fosse compatível com o espectro de emissão observado para o hidrogênio. Essa abordagem é útil para que os estudantes percebam como se dá a formação do conhecimento científico ao longo do processo histórico. Os postulados de Bohr estão destacados com um subtítulo e dentro de uma caixa de texto com uma borda fina dourada. O autor então explica o conceito de quantização de energia, que se trata do grande rompimento do modelo de Bohr com a física clássica e que deu origem à física quântica. Para realizar isso, o autor se vale de uma analogia entre uma rampa e uma escada, onde os níveis de energia do hidrogênio seriam como os degraus de uma escada, não podendo assumir valores intermediários entre os “degraus”. Apesar de ser um crítico do uso excessivo de metáforas e analogias, Bachelard não defende que todas elas consistam necessariamente em obstáculos epistemológicos. Aqui temos um exemplo de analogia bem empregado, em que o recurso à escada não gera uma distorção do conceito de quantização e também não foi apresentado antes de que se tratasse da teoria abstrata.

O livro prossegue explicando como os saltos do elétron para diferentes níveis de energia dentro do átomo de hidrogênio compõem o seu espectro de emissão. Apesar de fazer uma explicação clara e correta sobre o tópico, o autor introduz, nas figuras 6.11 e 6.12, um gráfico com todos os comprimentos de onda emitidos pelas transições energéticas de níveis mais externos para mais internos assim como o valor nominal da energia dos níveis expresso em Joule

por átomo (figura 6.11) e em elétrons-volt (figura 6.12). Todos esses valores não representam uma contribuição efetiva para o entendimento dos estudantes a respeito da natureza dos orbitais atômicos e acabam dando um aspecto poluído aos gráficos, o que pode vir a dificultar a compreensão por parte dos discentes.. A figura 6.12 traz ainda um gráfico mostrando as transições ocorridas em séries espectrais realizadas por diferentes cientistas, como Balmer e Lyman.

Em sequência as figuras 6.11 e 6.12, vem o quadro temático do livro “Um pouco de História”, que fala sobre as mulheres de Harvard que ajudaram a analisar os espectros de estrelas há cerca de 100 anos atrás e que ficaram conhecidas como “Computadoras de Harvard”. Essa inserção do livro traz uma aplicação importante dos conceitos científicos que foram recentemente abordados e também traz uma contribuição relevante das mulheres ao desenvolvimento da ciência, algo que muitas vezes é ignorado pelos materiais didáticos tradicionais.

Após o quadro temático, o livro apresenta a sua seção “Articulação de ideias”, onde propõe que os estudantes realizem exercícios. Constam quatro exercícios, que falam sobre os problemas do modelo de Rutherford e das soluções propostas por Bohr, que contextualizam o conceito de espectro discreto através dos aparelhos de rádio. O exercício quatro, em particular pede para que os estudantes calculem a energia dos orbitais do átomo de hidrogênio por meio da Equação de Planck.

A próxima seção do capítulo traz o desenvolvimento do conceito de elemento químico ao longo da história, passando por Aristóteles e Lavoisier, até chegar na definição atual, elaborada a partir do conceito de prótons e número atômico, introduzindo a partir disso o conceito de isótopos e como a massa atômica é calculada a partir da frequência relativa dos isótopos de um elemento químico. Após falar sobre a grande quantidade de elementos químicos descobertos hoje, o livro apenas comenta em uma frase que “*Durante o século XIX, ocorreram várias tentativas de agrupar os elementos de acordo com essas propriedades comuns.*” mas cita nominalmente apenas Mendeleev, descrevendo brevemente o método elaborado por ele para organizar os elementos químicos, exaltando as características que possibilitaram que ele previsse a existência que elementos químicos que seriam descobertos décadas depois. Aqui ocorre a omissão da participação das movimentos que ocorreram dentro da comunidade científica na elaboração da Tabela Periódica em prol de atribuí-la exclusivamente ao brilhantismo de Mendeleev, contribuindo para uma visão personalista da história da Ciência, segundo a qual os avanços científicos são resultado unicamente das ideias geniais de pessoas brilhantes.

O autor prossegue falando sobre as principais colunas da tabela periódica e sobre a origem dos símbolos dos elementos químicos. Em seguida, aparece outra seção “Articulação de ideias”, com mais cinco exercícios relacionados ao que foi visto na última parte do capítulo, como o conceito de elemento químico e as semelhanças entre os elementos químicos em um mesmo grupo da tabela periódica. Dentre os exercícios propostos, cabe destacar o segundo, que pede para que os estudantes expressem um quilograma em termos de massa atômica. Aqui é possível ver a intenção do autor de fazer com que os educandos reflitam sobre o quão pequeno é um átomo, porém o resultado desse cálculo é um número fora da escala de grandeza observável pelos estudantes no seu cotidiano. Aqui pode-se dizer que o exercício conduz os estudantes a um obstáculo realista, fazendo com que eles tentem olhar para os átomos com as mesmas lentes com as quais olham para os objetos sensíveis aos seus sentidos.

A página seguinte contém a tabela periódica que deve ser usada como referência pelos estudantes. A tabela contém os 118 elementos atualmente conhecidos e não utiliza a categoria de semimetais. Em vez disso, há uma linha vermelha que separa os metais dos ametais, que possui a seguinte legenda: “Os elementos desta fronteira, com exceção do alumínio, apresentam características de metais e de não metais”. Em cada elemento químico, há uma legenda que informa o seu estado físico e também se ele é radioativo ou artificial.

Na seção seguinte, o autor apresenta o conceito de íons, cátions e ânions, ressaltando que nas reações químicas não há alteração no núcleo do átomo, apenas ganho ou perda de elétrons. Em seguida, apresenta a terceira articulação de ideias do capítulo, com quatro exercícios bastante tradicionais, como contagem de elétrons em íons e determinação de grupos e colunas de elementos químicos.

Após a seção de exercícios, o autor propõe uma atividade investigativa, no quadro *Atividade 2*, para apresentar o conceito de energia de ionização, relacionando esse conceito com os níveis de energia. Para tanto, ele coloca em uma tabela o valor das doze energias de ionização para o átomo de magnésio e solicita que os estudantes elaborem um gráfico com esses valores, pergunta entre quais elétrons ocorrem a maior variação de energia e em qual período da tabela periódica o magnésio está localizado. É a partir destas questões que o autor fala pela primeira vez sobre o número máximo de elétrons que podem ocupar cada nível energético. A forma investigativa com a qual os conceitos de energia de ionização e níveis de energia são apresentados representa uma mudança positiva em relação às abordagens tradicionais, que apenas apresenta o número máximo de elétrons que podem ocupar cada nível de energia em uma tabela logo após mencionar o modelo atômico de Böhr, sem fornecer nenhuma explicação sobre como se chegou nesses valores. Aqui, o conceito é elaborado a partir da medição experimental

das energias de ionização, o que dialoga com o conceito bachelardiano de fenomenotécnica. Dentro da *Atividade 2*, ainda há uma caixa de texto separada explicando de forma bastante didática o que seriam um joule e um elétron-volt.

A *Atividade 3* vem logo em sequência à *Atividade 2* e é dividida em *parte A* e *parte B*. A *parte A* apresenta em uma tabela os valores da primeira energia de ionização dos 20 primeiros elementos da tabela periódica e a *parte B* apresenta o valor do raio atômico para esses mesmo 20 elementos. Pede-se, em cada uma das partes, que os estudantes esbocem um gráfico com esses valores e analise como ele varia dentro do mesmo grupo e dentro da mesma coluna da Tabela, e solicita que os estudantes tentem explicar essas variações a partir do modelo atômico de Bôhr antes de fornecer a explicação teórica para elas. A *Atividade 3* também apresenta todos os pontos positivos presentes na *Atividade 2*. Na seção 6.4, o autor faz a explicação das propriedades periódicas a partir do modelo de Bôhr. O subcapítulo começa retomando a tabela de Mendeleev, ressaltando que não havia uma explicação para as variações periódicas das propriedades no momento em que ela foi elaborada e que ela foi apenas baseada em resultados empíricos. Os gráficos que os estudantes deveriam ter confeccionado nas atividades 2 e 3 são exibidos nas figuras 6.20 e 6.21. Neste subcapítulo, o autor também demonstra, por meio da lei de Coulomb, como uma grande diferença na energia de ionização entre elétrons de níveis diferentes só pode ser explicada pelo fato destes elétrons estarem a diferentes distâncias do núcleo do átomo. Ainda nesta seção, é visível a preocupação do autor em fazer com que os estudantes superem a ideia de que átomos com mais elétrons têm necessariamente maior raio atômico, reconhecendo que esta pode ser uma suposição natural porém fornecendo uma explicação bem desenvolvida sobre os motivos de ela não ser verdadeira.

O capítulo se encerra com a explicação sobre como o valor da energia de ionização e como a configuração do nível mais energético do átomo variam ao longo da tabela periódica. Neste capítulo a eletronegatividade não foi mencionada em nenhum momento. Dentro da coleção, esse tema é abordado no volume intitulado: *Materiais e energia: Transformações e conservação*, de forma breve, no capítulo 4, que fala sobre ligações químicas, mais especificamente na Atividade 2, que propõe que os alunos utilizem o simulador phet para analisar o momento dipolar de moléculas com diferentes eletronegatividades. O conceito de eletronegatividade é resumido com a frase “*A eletronegatividade pode ser definida como a intensidade com que um átomo ligado atrai os elétrons da ligação química*”. Em nenhum momento neste capítulo é feita uma relação entre a eletronegatividade e as demais propriedades teóricas. Outras propriedades que costumam ser citadas pelos livros didáticos tradicionais, como afinidade eletrônica, ponto de ebulição e densidade também foram oportunamente deixadas de lado por este capítulo.

Em que pese a possibilidade de afirmar que a ausência da eletronegatividade neste capítulo como uma forma de romper com um obstáculo epistemológico substancialista de que a eletronegatividade é uma propriedade intrínseca dos átomos e não uma propriedade relativa calculada com base nas ligações químicas realizadas entre dois átomos diferentes, é inegável que o conceito de eletronegatividade não é trabalhado de forma satisfatória em nenhuma outra parte desta coleção. A eletronegatividade é um conceito fundamental para a compreensão de muitas áreas da química e poderia ter sido abordada com mais detalhes pelo autor ao longo dos volumes da coleção.

O capítulo 6 possui ao todo 24 figuras. Destas, 7 foram classificadas por nós como representações esquemáticas (6.2, 6.5, 6.9, 6.10, 6.18, 6.22 e 6.23), 7 como figuras ilustrativas (6.1, 6.4, 6.6 6.7, 6.15, 6.16 e 6.19), 5 como gráficos (6.11, 6.12, 6.20, 6.21 e 6.24), 3 como resultados de experimentos (6.3, 6.8 e 6.13), duas como fotografias de cientistas (6.14 e 6.17). Em que pese o excesso de informação escrita e a dificuldade de compreensão das figuras 6.11 e 6.12, nenhuma das figuras observadas contribui para a formação de obstáculos epistemológicos para a compreensão dos conceitos por parte dos estudantes.

5.5.2 Capítulo 7

No cabeçalho da primeira página do capítulo 7 são mencionadas as habilidades gerais e específicas da BNCC que ele pretende trabalhar. Para este capítulo em questão, espera-se contemplar as competências gerais 1,4 e 5: Conhecimento, Comunicação e Cultura digital, respectivamente, e a terceira competência específica da BNCC por meio das habilidades EM13CNT302 e também da EM13CNT303.

O capítulo se inicia com uma retomada sobre o modelo atômico de Böhr, ressaltando que este modelo ainda possuía limitações ao considerar que o elétron fosse uma partícula carregada girando ao redor do núcleo, afirmando que essas inconsistências só foram solucionadas após o entendimento do elétron como uma onda e que esse novo entendimento proporcionou o desenvolvimento de tecnologias como os processadores. Aqui pode-se observar uma repetição da estrutura do capítulo 6, onde no primeiro parágrafo há a exposição de uma limitação presente nos conceitos anteriormente trabalhados, e o destaque de avanços tecnológicos relevantes possibilitados pelos conceitos que serão apresentados no capítulo.

Em seguida a este parágrafo, aparece a Atividade 1 do capítulo, intitulada “Efeitos quânticos no cotidiano”. Essa atividade consiste em um projeto em grupo na qual os estudantes devem se reunir em grupos para debaterem algumas questões a respeito da física quântica, e produzirem textos de divulgação científica sobre o tema em formato de revista. Essa atividade é

introduzida por um trecho do texto, *O intrigante mundo dos quanta*, de Adilson de Oliveira, publicado na revista *Ciência Hoje* em 2007. Aqui cabe destacar um trecho deste texto: “*A mecânica quântica, como qualquer outro ramo do conhecimento, tem seu campo de atuação e é limitada para explicar uma determinada categoria de fenômenos.*” (OLIVEIRA, 2007). Essa frase contribui ativamente na superação do obstáculo epistemológico do conhecimento unitário, ao deslegitimar a extrapolação dos conceitos da física quântica para outras áreas como tratamentos médicos, extrapolação essa que remete ao pensamento pré-científico.

O primeiro subitem do capítulo possui o título “A dualidade partícula-onda” e começa apresentando um texto escrito por De Broglie onde ele fala sobre os motivos que o levaram a concluir que o elétron não poderia ser considerado apenas um corpúsculo, associando os números inteiros dos níveis de energia de Bôhr aos modos normais de vibração de uma corda ou membrana, o que o levava a crer que o elétron possuía um comportamento ondulatório. Na sequência, o livro apresenta os resultados do experimento da fenda dupla realizado com elétrons, que mostra resultados compatíveis com sua natureza ondulatória. É anunciado que esse e outros experimentos contribuíram para que Erwin Schrödinger propusesse uma equação de ondas para o elétron, que iria resultar no modelo quântico.

Em seguida há uma seção “Articulação de ideias” com duas atividades, uma perguntando qual foi a ideia de de Broglie outra solicitando alguns cálculos envolvendo a expressão de de Broglie. O livro segue então com o subcapítulo 7.2: O modelo quântico para o átomo. O início deste subcapítulo é dedicado a explicar como a teoria quântica foi desenvolvida por diferentes cientistas em diferentes partes da Europa, e, em seguida, é desenvolvido um raciocínio que tenta fazer com que os alunos recuperem os seus conhecimentos sobre ondas mecânicas, assunto já trabalhado no capítulo 4 do mesmo volume, e os utilizem como subsunçores para a compreensão da Equação de Schrodinger. Esse raciocínio consiste em mostrar o comportamento de uma onda mecânica em uma, duas e três dimensões sucessivamente, para mostrar que seu comportamento pode ser descrito pelos modos normais de vibração. As vibrações de uma corda são utilizadas como exemplo de ondas mecânicas unidimensionais, as de uma membrana como exemplo de bidimensionais e o som é utilizado como exemplo de tridimensionais. É dito, por fim, que os orbitais atômicos correspondem a modos normais de vibração em três dimensões.

O item 7.2 prossegue apresentando, então, a equação de Schrödinger como uma descrição das “...ondas estacionárias de um elétron confinado numa região do espaço devido à atração de um próton, ou seja, os estados estacionários do átomo de hidrogênio.” Para descrever essa onda estacionária tridimensional, seria necessária a combinação de três números quânticos, n , l e m .

Logo após mencionar a equação de Schrödinger, o autor já menciona o experimento de Stern-Gerlach, realizado em 1922, que encontrou resultados que não podiam ser explicados pela equação de Schrödinger e também fala na sequência sobre como os cientistas da época encontraram uma explicação para o fenômeno observado pelo experimento através do conceito de spin do elétron, da introdução de um quarto número quântico, e do princípio de exclusão de Pauli, que se encontra integralmente enunciado e destacado por uma fina moldura dourada. O livro destaca que o princípio da exclusão inicialmente não possuía um modelo para explicá-lo até que em 1928 Paul Dirac apresentasse uma equação que descrevesse completamente o comportamento do elétron. O autor menciona que “A equação proposta por Dirac compreendia aspectos quânticos e relativísticos”, sem entrar em maiores detalhes a respeito da equação, apenas informando os valores de $\frac{-1}{2}$ e $\frac{+1}{2}$ que caracterizam o spin do elétron. Antes de encerrar o tópico, o autor toma o cuidado de informar que o spin do elétron é uma característica exclusiva do mundo quântico que não possui analogias com a física clássica, e que não deve ser compreendido como o sentido de rotação do elétron sobre seu próprio eixo, como já foi no passado. Essa ênfase dada pelo livro em separar as grandezas quânticas das grandezas clássicas, sem tentar incorrer em analogias equivocadas, pode ser vista como um esforço de ruptura com os obstáculos realista e do conhecimento geral.

O item 7.2 progride atribuindo o significado que cada número quântico possui para descrever o comportamento do elétron, com a representação dos orbitais dos subníveis s, p e d no espaço cartesiano, e explica que não deve se ter a ideia de que o elétron “passa” de um orbital para outro, já que ele não deve ser pensado apenas como uma partícula e sim como uma partícula-onda. O autor diz que “o elétron não circula no espaço descrito pelo orbital p, mas sim que o elétron está, de certa forma, nesse espaço.” Em sequência a isso, fala sobre o significado físico que a equação de Schrödinger possui, de determinar a densidade de probabilidade de se encontrar o elétron em uma região do espaço. O termo “densidade de probabilidade” aparece em negrito no livro. O autor prossegue falando sobre a impossibilidade de determinar com precisão a posição do elétron, afirmando que essa incerteza decorre da natureza ondulatória da função, inerente aos fenômenos quânticos. O livro menciona que a formulação dessa incerteza ficou conhecida como princípio da incerteza de Heisenberg, sem especificar que essa incerteza se refere especificamente à posição e ao momento do elétron.

No parágrafo que encerra o subcapítulo 7.2, o autor adota uma postura ativa contra o obstáculo do conhecimento geral, os obstáculos verbais e os realistas, enfatizando que os fenômenos quânticos não possuem nenhuma relação com fenômenos macroscópicos e situações

do cotidiano, e que não podem ser compreendidos através de analogias. Em seguida, vem mais uma seção “articulação de ideias” que propõe quatro atividades, entre elas que os estudantes debatam entre si sobre o significado da função de onda do elétron.

No subcapítulo 7.4, o autor apresenta a relação entre os níveis e subníveis de energia e a organização dos elementos na tabela periódica moderna. A configuração eletrônica dos elétrons é apenas trabalhada após uma explicação detalhada do modelo atômico mais moderno, e não apenas apresentada como uma “verdade fundamental” da química após um estudo superficial do modelo atômico de Bohr, como costuma ocorrer na maioria dos livros didáticos. A explicação cuidadosa feita sobre o modelo quântico do átomo anteriormente no capítulo, permite que o conceito de camada de valência seja apresentado como os elétrons localizados no último nível de energia, e não apenas como a “camada mais distante do núcleo”.

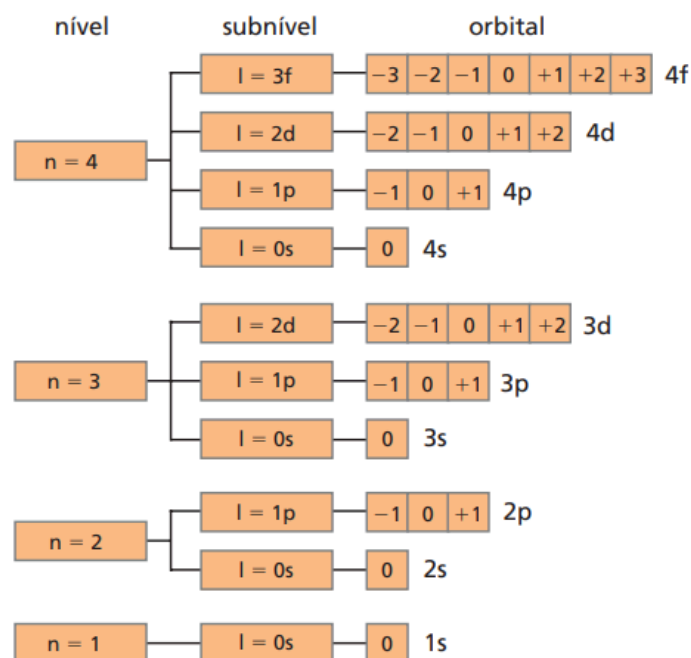


Figura 9- Representação dos subníveis de energia do elétron a partir dos números quânticos

No subcapítulo 7.3, é mostrado como funciona a distribuição dos elétrons nos subníveis de energia, mencionando a inversão que ocorre entre os subníveis s e d nos níveis de valência e usando o átomo de cálcio como exemplo, demonstrando a notação correta para indicar o número de elétrons de cada subnível. O diagrama de Linus Pauling também é mencionado e aparece na figura 7.16. Três parágrafos são dedicados para explicar como a configuração eletrônica de um elemento pode ser expressa a partir do gás nobre do período anterior mais os elétrons da camada de valência. Após isso, são abordadas as informações que a posição de um elemento na tabela periódica dizem sobre a sua configuração eletrônica,

como o nível e subnível do seu elétron de maior energia e quantos elétrons este elemento possui na camada de valência. Com isso, é explicada a diferença entre os elementos representativos e os metais de transição e transição interna, no que diz respeito à variação das suas propriedades entre si. As regiões *s*, *p*, *d* e *f* da tabela também são explicitadas na figura 7.22. O sub-capítulo se encerra apresentando o conceito de valência. Fala sobre a primeira conceituação histórica e apresenta a versão atual deste conceito em um texto destacado sobre uma forma retangular dourada. Cabe destacar que a famosa “regra do octeto” não foi mencionada no capítulo em nenhum momento. por fim mais uma seção “articulação de ideias”, onde, em quatro atividades, é solicitado aos alunos que falem sobre os diferentes grupos da tabela periódica: elementos representativos, metais de transição e metais de transição interna.

O último subcapítulo, o 7.4, é intitulado “A interpretação da mecânica quântica”, e é dedicado a História da Ciência, ao falar sobre as conferências de Como e o Conselho de Solvay e os debates discordâncias que houve entre os cientistas da época, dando ênfase à resistência de Einstein em aceitar a interpretação de Copenhague, sintetizada pela máxima “Deus não joga dados”. O texto conclui que, não obstante a descrença deste ilustre físico, os princípios da mecânica quântica já foram comprovados por experimentos e deram origem a diversas tecnologias. Em uma caixa de texto separada, com o título “A realidade do estado quântico”, os experimentos que corroboram com a teoria quântica são citados, assim como o paradoxo EPR, porém ambos sem maiores detalhes.

O capítulo 7 se encerra com a Atividade 2, dedicada a apresentar o conceito de computação quântica, trabalhando, com isso, a competência geral 4 da BNCC, a cultura digital. Essa atividade explica, de maneira geral, o conceito do bit quântico e em seguida propõe quatro questões para a reflexão dos estudantes a respeito do tópico, como a capacidade de um processador quântico e as dificuldades existentes para a sua construção.

O capítulo 7 possui ao todo 23 figuras. Dentre essas figuras, 5 foram classificadas como ilustrações (7.1, 7.5, 7.6, 7.7 e 7.23), 4 como figuras relativas a experimentos (7.2, 7.3, 7.4 e 7.8), 4 como representações de orbitais atômicos: (7.9, 7.8, 7.11 e 7.13), 4 como diagramas de energia (7.12, 7.14, 7.15 e 7.16) e 6 como seções da tabela periódica (7.17, 7.18, 7.19, 7.20, 7.21 e 7.22). Em comparação com o capítulo 6, é possível notar que as figuras deste capítulo possuem uma categorização mais específica e também são mais abstratas, com nenhuma das figuras apresentando pessoas ou cenários

5.5.3. Conclusões sobre a obra *Matéria, Energia e Vida*:

A coleção *Matéria Energia e Vida* também foge das abordagens que eram tradicionalmente empregadas para tratar sobre as propriedades periódicas nos livros didáticos de química para o Ensino Médio, sobretudo o capítulo 7, ao abordar de uma forma cuidadosa e detalhada, que normalmente era vista apenas nos livros de química inorgânica do Ensino Superior, o modelo quântico para o átomo. Esta coleção foi a única que explicou de maneira bem fundamentada os subníveis *s*, *p*, *d* e *f*, a partir dos números quânticos que são solução para a equação de Schrödinger e também foi a única que utilizou uma abordagem investigativa para falar sobre as propriedades periódicas. A maioria dos materiais didáticos costuma falar apenas dos níveis de energia do elétron, o que impede uma compreensão plena por parte dos estudantes a respeito da estrutura da tabela periódica e das propriedades dos metais de transição. Nestes materiais, normalmente, o fato da camada de valência ter oito elétrons é apresentada como uma espécie de dogma, assim como a quantidade máxima de elétrons que podem ocupar cada nível de energia. Dessa forma, por mais desafiador que possa parecer tratar de maiores detalhes da mecânica quântica em um livro didático da Educação Básica, fazer isso de uma forma bem executada representa uma vantagem para um entendimento mais pleno sobre a natureza da matéria, e essa coleção foi destacadamente bem sucedida nessa tarefa, trabalhando predominantemente com uma abordagem investigativa e fornecendo explicações claras e corretas a respeito destes tópicos, tendo, na maior parte do tempo, tomado cuidado para não incorrer em obstáculos epistemológicos ou em simplificações incorretas.

No quadro abaixo, encontra-se um resumo das principais conclusões obtidas a respeito deste Projeto Integrador, em função dos objetivos desta análise.

A Tabela Periódica é explicada na totalidade da sua estrutura?	A configuração dos níveis de energia é trabalhada a partir de uma abordagem investigativa utilizando as energias de ionização;
	Explicação detalhada da configuração eletrônica e do formato da tabela a partir da mecânica quântica;
	Explicação detalhada sobre a natureza dos números quânticos;
	A obra faz uma abordagem histórica bastante rica sobre o modelo de Böhr,

Como é feita a abordagem dos eventos históricos que marcaram o desenvolvimento da Tabela Periódica?	construção do conceito de elemento químico, surgimento da mecânica quântica;
	Cita apenas a tabela de Mendeleev como tentativa de organização dos elementos químicos.
Como é feita a abordagem das propriedades periódicas?	A obra traz uma Explicação concisa para o raio atômico e a energia de ionização a partir do modelo de Böhr
	A eletronegatividade é trabalhada separadamente das demais propriedades periódicas e de maneira demasiadamente resumida

Tabela 5- Principais observações referentes à obra *Matéria, Energia e Vida*

6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após realizadas as análises das coleções, ficou nítido que, de maneira geral, houve uma preocupação dos autores em não incorrerem em obstáculos epistemológicos na redação dos textos didáticos, não atribuindo aos elementos químicos propriedades ou características que não lhes pertencem, o que poderia ocasionar obstáculos substancialistas ou animistas, e também não utilizando metáforas ou analogias descabidas, que poderiam levar à presença de obstáculos verbais. Alguns obstáculos verbais foram notados em duas das obras analisadas, na coleção *Matéria, Energia e Vida* e na coleção *Diálogos - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*, mas em ambos os casos eles foram pontuais e não comprometeram de maneira significativa a construção dos conceitos abordados pelos textos. É necessário também destacar que nenhum obstáculo epistemológico foi notado nas figuras dos livros analisados, e que todos os esquemas possuíam o aviso de que as imagens estavam fora de proporção e em cores fantasia. Essa preocupação evidencia que, ao contrário do que ocorria nas décadas passadas, a epistemologia da Ciência de Gaston Bachelard ganhou uma maior relevância nas produções acadêmicas sobre ensino de Ciências da Natureza e que os autores das coleções estavam familiarizados com ela e tomaram um cuidado ativo para não cometerem obstáculos epistemológicos em suas explicações. Foi observado, inclusive, em quase todas as coleções, momentos em que o texto buscou ativamente romper com possíveis obstáculos epistemológicos que pudessem ocorrer aos estudantes, como, por exemplo, uma atividade proposta na coleção *Moderna Plus* que tinha como objetivo desmistificar impressões equivocadas que os discentes poderiam ter em relação ao termo “quântico” e que poderiam

torná-los sujeitos a charlatanices pseudocientíficas que têm sido bastante comuns nos últimos anos.

No que diz respeito à abordagem dos eventos históricos que levaram a Tabela Periódica atual, tema do objetivo específico II deste trabalho, a maioria das obras conseguiu, em maior ou menor grau, fazer um apanhado satisfatório sobre este tópico, com destaque positivo para a coleção *Diálogos - Ciências da Natureza*, que citou o maior número de tentativas de organização anteriores às tabelas propostas por Lothar-Meyer e Mendeleev. Quatro das cinco coleções analisadas mencionaram a mudança da Lei Periódica dos Elementos Químicos, causada pelos experimentos e conclusões de Henry Moseley, que passou a se dar em função do número atômico e não mais da massa atômica. A exceção foi a obra *Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias*, que apresentou a tabela já em seu formato atual sem levantar nenhum tipo de discussão sobre o seu desenvolvimento ao longo da História.

Como já foi mencionado anteriormente, o estudo da tabela periódica está umbilicalmente ligado ao estudo da estrutura do átomo, e, sendo assim, a profundidade com a qual cada coleção abordou os modelos atômicos também precisou ser levada em conta para avaliar a abordagem sobre a tabela periódica e as propriedades periódicas. Os livros que não avançaram para além do modelo atômico de Böhr conseqüentemente não puderam fornecer uma explicação para o formato da tabela periódica, dividida em blocos que indicam o subnível de energia, ou número quântico secundário do elétron de maior energia dos elementos. Nesse ponto, novamente foi possível observar uma diferença positiva em relação aos antigos livros didáticos de química, que evitavam mencionar as implicações da mecânica quântica no entendimento da estrutura dos átomos e do comportamento dos elétrons. Das cinco coleções analisadas, apenas a obra *Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias* não fez qualquer menção ao modelo mecânico-quântico para o átomo, mantendo como o “mais próximo da realidade” o modelo de Niels Böhr, sem mencionar que ele não era capaz de explicar as transições eletrônicas que ocorrem em outros átomos para além do hidrogênio. As obras *Diálogos - Ciências da Natureza*, *Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias* e *Ciências da Natureza - Lopes & Rosso* fizeram uma abordagem breve citando os principais conceitos, como o princípio da incerteza e a dualidade partícula-onda, ao passo em que a coleção *Matéria, Energia e Vida* se destacou ao trabalhar detalhadamente o modelo mecânico-quântico e a natureza da equação de Schrödinger ao longo de um capítulo inteiro, tendo sido a única a explicar os subníveis de energia da eletrosfera a partir dos números quânticos.

Em que pesem as diferenças positivas que foram observadas nas obras unificadas de Ciências da Natureza em relação aos livros didáticos de química anteriores ao PNLD de 2021, foi percebido, ao longo das análises realizadas, que a ausência de obstáculos verbais, animistas e substancialistas não garantiu uma abordagem satisfatória sobre os temas analisados neste trabalho em todas as coleções, sobretudo nas obras *Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*, *Diálogos - Ciências da Natureza e suas Tecnologias* E *Moderna Plus- Ciências da Natureza e suas Tecnologias*, que deliberadamente omitiram qualquer referências às propriedades periódicas nos seus textos. Percebemos essa omissão de informações importantes que podem ser retiradas da tabela periódica com uma certa surpresa, tendo em vista que impediu o cumprimento dos objetivos específicos III e IV, que eram referentes exclusivamente a este tópico. Excluir do currículo o estudo sobre as propriedades periódicas impede que os estudantes percebam a riqueza das informações contidas na tabela e conseqüentemente não enxerguem um significado efetivo no estudo deste assunto. Nesse sentido, podemos retomar algumas discussões históricas sobre a BNCC que em sua primeira versão, no que concerne à química, era extremamente fechada e mantinha todos os conteúdos/conceitos tradicionais da disciplina e indicava alguns temas de interesse relevantes, mas retirava totalmente a autonomia docente. A segunda versão nem ao menos foi analisada pelos educadores em química com uma certa profundidade. E a última versão abriu tão amplamente que parece, pelo que se analisou, que os livros didáticos ficaram focados na aderência à base e esqueceram de estruturas fundamentais, como a periodicidade e seus conceitos para entender a química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. M. F; OLIVEIRA, B. R de. A trajetória da Base Nacional Comum Curricular (BNCC): análise dos textos oficiais. **Olhar de professor**. Ponta Grossa, v. 25, p. 1-21, e-20537.063, 2022

AMABIS, J. M. et al. **Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. 1 Ed. Moderna: São Paulo, 2020. Disponível em <https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/moderna-plus>> Acesso em 14/08/2024.

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 1.ed. Rio de Janeiro : Contraponto, 1996. 316 p.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977, 225p.

BENVENUTTI, E. V. **Química inorgânica**: átomos, moléculas, líquidos e sólidos. 3. ed. rev. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2011. 219 p.

BERTOCHÉ, G. Modelos e Rupturas epistemológicas: Análise Crítica da Posição de Bachelard. **Prometheus - Journal of Philosophy**, 6(12).2013

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: Educação é a Base. 2022. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br>> Acesso em: 15/08/2024

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Dados estatísticos**. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programa-s-do-livro/pnld/dados-estatisticos>> Acesso em: 15/08/2024.

BRASIL. **Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 26 jun. 2014. Disponível em: <<https://pne.mec.gov.br/18-planos-subnacionais-de-educacao/543-plano-nacional-de-educacao-lei-n-13-005-2014>> Acesso em: 23/12/2024

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. **Guia Digital PNLD 2021** - Obras didáticas por áreas do conhecimento e específicas: Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB/FNDE, 2021. Disponível em: <https://pnld.nees.ufal.br/assets/pnld/guias/Guia_pnld_2021_didatico_pnld-2021-obj2-ciencia-s-natureza-suas-tecnologias.pdf> Acesso em 14/08/2024.

DOURADO, L. F; SIQUEIRA, R.M. A arte do disfarce: BNCC como gestão e regulação do currículo. **Revista Brasileira De Política E Administração Da Educação**. v. 35, n. 2, p. 291 - 306, mai./ago. 2019.

CARDOSO, M. R. G. OLIVEIRA, G. S. de. GHELLI, K. G. M. Análise de Conteúdo: uma metodologia de pesquisa qualitativa. **Cadernos da Fucamp**, v.20, n.43, p.98-11. 2021.

FREITAS, L. C. **A reforma empresarial da educação**: nova direita, velhas ideias. São Paulo: Expressão Popular, 2018. 160 p.

GODOY, C. MESQUITA, N. A. S. Análise dos obstáculos epistemológicos no ensino de Química a partir das respostas dos vestibulandos: em foco as propriedades periódicas. **Revista Didática Sistemática**. vol 14(2): 95–110. 2013.

GOMES, H. J. P. OLIVEIRA, O.B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciências & Cognição**. Vol 12: 96-109. 2007.

HENDGES, A. P. B. SANTOS, R. A. Obstáculos epistemológicos em livros didáticos de Física: o gênero na Ciência-Tecnologia. **Caderno Brasileiro De Ensino De Física**, 39(2), 584–611.

LODI, A. P. S. C. **O Ensino de Propriedades Periódicas**: Construindo significados com o uso de analogias e abordagem da natureza da Ciência. 2019. 76f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Brasileiro De Ensino De Física**, 13(3), 248–273.

LOPES, S. ROSSO, S. **Ciências da Natureza: Lopes & Rosso**. 1 Ed. São Paulo: Moderna, 2020. Disponível em:
<<https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/lopes-rosso>> Acesso em 14/08/2024

LORENZETTI, C.S. DAMASIO, F. RAICIK, A. O ano internacional da Tabela Periódica e um sucinto resgate de sua história: implicações para a educação científica por meio da divulgação científica. **Experiências em Ensino de Ciências**. 2020, v.15, No.3

MATTOS, K. R. C. de. **Base nacional comum curricular e o processo de construção do documento orientador curricular de Santa Maria/RS**: da prescrição à indução de políticas educacionais. 2021. 166 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2021.

MATTOS, K. R. C. AMESTOY, M. B. TOLENTINO-NETO, L. C. B. O Ensino de Ciências da Natureza nas versões da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Amazônia-Revista de Educação em Ciências e Matemática**. v.18, n. 40. p. 22-34. 2022.

MORTIMER, E. et al. **Matéria, Energia e Vida**. 1 Ed. Scipione: São Paulo, 2020. Disponível em
<<https://www.edocente.com.br/segmento/ensino-medio/?object=1&subject=7>> Acesso em: 14/08/2024.

OLIVEIRA, V. B. et al. TABELA PERIÓDICA: UMA TECNOLOGIA EDUCACIONAL HISTÓRICA. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, v. 5, n. 04, p. 168–186, 2019.

OLIVEIRA, V. B. OLIVEIRA, F. J. L. Uma visão da História da Química nos livros didáticos fornecidos pelo PNLD utilizando a tabela periódica como marcador. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 29, 2023.

PICCININI, C. L.; ANDRADE, M. C. P. ensino de Ciências da Natureza nas versões da Base Nacional Comum Curricular, mudanças, disputas e ofensiva liberal-conservadora. **Revista de Ensino De Biologia Da SBEnBio**, 11(2), 34–50. 2018:

PEREIRA, A. P. A. Tabela periódica nos livros de Projetos Integradores de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no PNLD 2021 do Ensino Médio. 2022. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química). Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2022.

RODRIGUES M. W.; ALMEIDA, M. J. P. M. de; RINK, J. O Discurso escolar ecossistêmico: análise de livros didáticos de biologia do PNLD 2018-2020. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, v. 4. p. 1-21, 2023.

RUIZ, M. J. F.; BUFALO, K. S. Uma ponte para o futuro: políticas educacionais e parcerias público-privadas. **Educação em Análise**, Londrina, v. 2, n. 1, p. 37–58, 2018

SANTOS, C. M. A. SILVA, R. A. G. WARTHA, E. J. O conceito de eletronegatividade na educação básica e no ensino superior. **Química Nova**. No. 10, 1846-1851, 2011.

SANTOS, K. S. **Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. 1 Ed. Moderna: São Paulo, 2020. Disponível em <<https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/dialogo>> Acesso em: 14/08/2024

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W. **Química Inorgânica**. 3. Ed. São Paulo: Bookman. 2003. 808 p.

TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; CHAGAS, A. P. (1997). Alguns aspectos históricos da classificação periódica dos elementos químicos. **Química Nova**, 20 (1), 103-117, 1997.

THOMPSON, M. et al. **Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. 1 Ed. Moderna: São Paulo, 2020. Disponível em <<https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/conexoes>> Acesso em 14/08/2024.

TRINDADE, D. J.; NAGASHIMA, L.A. ANDRADE, C.C. de. Obstáculos epistemológicos sob a perspectiva de Bachelard. **Brazilian Journal of Development**. v. 5, n. 10, p. 17829-17843, out. 2019.

ANEXO A- BNCC-CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO: COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS E HABILIDADES

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 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.

Nessa competência específica, os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos. Dessa maneira, podem-se estimular estudos referentes a: estrutura da matéria; transformações químicas; leis ponderais; cálculo estequiométrico; princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento; ciclo da água; leis da termodinâmica; cinética e equilíbrio químicos; fusão e fissão nucleares; espectro eletromagnético; efeitos biológicos das radiações ionizantes; mutação; poluição; ciclos biogeoquímicos; desmatamento; camada de ozônio e efeito estufa; desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias de obtenção de energia elétrica; processos produtivos como o da obtenção do etanol, da cal virgem, da soda cáustica, do hipoclorito de sódio, do ferro-gusa, do alumínio, do cobre, entre outros.

Também é importante ressaltar que as diferentes habilidades relacionadas a esta competência podem ser desenvolvidas com o uso de dispositivos e aplicativos digitais, que facilitem e potencializem tanto análises e estimativas como a elaboração de representações, simulações e protótipos.

Habilidades
(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos

das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 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.

Ao reconhecerem que os processos de transformação e evolução permeiam a natureza e ocorrem das moléculas às estrelas em diferentes escalas de tempo, os estudantes têm a oportunidade de elaborar reflexões que situem a humanidade e o planeta Terra na história do Universo, bem como inteirar-se da evolução histórica dos conceitos e das diferentes interpretações e controvérsias envolvidas nessa construção.

Da mesma forma, entender a vida em sua diversidade de formas e níveis de organização permite aos estudantes atribuir importância à natureza e a seus recursos, considerando a imprevisibilidade de fenômenos, as consequências da ação antrópica e os limites das explicações e do próprio conhecimento científico.

Se por um lado é fundamental avaliar os limites da ciência, por outro é igualmente importante conhecer seu imenso potencial. Ao realizar previsões (relativas ao movimento da Terra no espaço, à herança genética ao longo das gerações, ao lançamento ou movimento de um satélite, à queda de um corpo no nosso planeta ou mesmo à avaliação das mudanças climáticas a médio e longo prazos, entre outras), a ideia de se conhecer um pouco do futuro próximo ou distante pode fornecer alguns elementos para pensar e repensar sobre o alcance dos conhecimentos científicos. Sempre que possível, os estudantes podem construir representações ou protótipos, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros), que possibilitem fazer projeções e avaliar impactos futuros considerando contextos atuais.

Nessa competência específica, podem ser mobilizados conhecimentos conceituais relacionados a: origem da Vida; evolução biológica; registro fóssil; exobiologia; biodiversidade; origem e extinção de espécies; políticas ambientais; biomoléculas; organização celular; órgãos e sistemas; organismos; populações; ecossistemas; teias alimentares; respiração celular; fotossíntese; neurociência; reprodução e hereditariedade; genética mendeliana; processos epidemiológicos; espectro eletromagnético; modelos atômicos, subatômicos e cosmológicos; astronomia; evolução estelar; gravitação; mecânica newtoniana; previsão do tempo; história e filosofia da ciência; entre outros.

Habilidades
(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.
(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(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.

(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

(EM13CNT207) Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Em um mundo repleto de informações de diferentes naturezas e origens, facilmente difundidas e acessadas, sobretudo, por meios digitais, é premente que os jovens desenvolvam capacidades de seleção e discernimento de informações que lhes permitam, com base em conhecimentos científicos confiáveis, investigar situações-problema e avaliar as aplicações do conhecimento científico e tecnológico nas diversas esferas da vida humana com ética e responsabilidade.

Discussões sobre as tecnologias relacionadas à geração de energia elétrica (tanto as tradicionais quanto as mais inovadoras) e ao uso de combustíveis, por exemplo, possibilitam aos estudantes analisar os diferentes modos de vida das populações humanas e a dependência

desses fatores. Na mesma direção, explorar como os avanços científicos e tecnológicos estão relacionados às aplicações do conhecimento sobre DNA e células pode gerar debates e controvérsias – pois, muitas vezes, sua repercussão extrapola os limites da ciência, explicitando dilemas éticos para toda a sociedade. Também a utilização atual de aparelhos elétricos e eletrônicos traz questões para além dos seus princípios de funcionamento, como os possíveis danos à saúde por eles causados ou a contaminação dos recursos naturais pelo seu descarte.

A compreensão desses processos é essencial para um debate fundamentado sobre os impactos da tecnologia nas relações humanas, sejam elas locais ou globais, e suas implicações éticas, morais, culturais, sociais, políticas e econômicas, e sobre seus riscos e benefícios para o desenvolvimento sustentável e a preservação da vida no planeta.

Por meio do desenvolvimento dessa competência específica, de modo articulado às competências anteriores, espera-se que os estudantes possam se apropriar de procedimentos e práticas das Ciências da Natureza como o aguçamento da curiosidade sobre o mundo, a construção e avaliação de hipóteses, a investigação de situações-problema, a experimentação com coleta e análise de dados mais aprimorados, como também se tornar mais autônomos no uso da linguagem científica e na comunicação desse conhecimento. Para tanto, é fundamental que possam experienciar diálogos com diversos públicos, em contextos variados, utilizando diferentes mídias, dispositivos e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), e construindo narrativas variadas sobre os processos e fenômenos analisados.

Além disso, para o desenvolvimento dessa competência específica podem ser mobilizados conhecimentos conceituais relacionados à: aplicação da tecnologia do DNA recombinante; identificação por DNA; emprego de células-tronco; neurotecnologias; produção de tecnologias de defesa; estrutura e propriedades de compostos orgânicos; isolantes e condutores térmicos, elétricos e acústicos; eficiência de diferentes tipos de motores; matriz energética; agroquímicos; controle biológico de pragas; conservantes alimentícios; mineração; herança biológica; desenvolvimento sustentável; vacinação; darwinismo social, eugenia e racismo; mecânica newtoniana; equipamentos de segurança, etc.

Habilidades
(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.

(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.