

# Impactos da BNCC na produção de livros didáticos de Ciências – PNLD 2021: análise praxeológica do conteúdo geometria molecular

Kleyfton Soares da Silva<sup>1</sup>, Paulo Rogério Miranda Correia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doutor em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (USP)

Professor do Instituto Federal de Alagoas (IFAL)

<sup>2</sup>Doutor em Química pela Universidade de São Paulo (USP)

Professor da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP)

## Impacts of the BNCC on the production of Science textbooks - PNLD 2021: praxeological analysis of molecular geometry content



### ABSTRACT

The objective of this research was to verify the contents of chemistry covered in the textbooks approved in the PNLD 2021 and to analyze the sufficiency of the molecular geometry notion from the praxeological organization perspective. A qualitative and documentary research was carried out based on the consultation of specific works on Natural Sciences and their Technologies. For comparative purposes, the contents of chemistry covered in high school books approved in the PNLD 2018 and 2021 are presented. Then, the praxeological elements (tasks, techniques, technologies and theories) of the notion of molecular geometry are presented. The results show that the main chemistry contents were not excluded from the book, although some were not made explicit in the BNCC. On the other hand, there is evidence of reduced content and application exercises. The praxeological analysis showed that textbooks have a minimal structure for understanding the spatial arrangement of molecules, but need to be complemented with other pedagogical resources.

### Informações do Artigo

#### Palavras-chave:

BNCC; Geometria molecular; Livro didático; PNLD; Praxeologia.

#### Key words:

BNCC; Molecular geometry; Textbook; PNLD; Praxeology.

E-mail: [kley.soares@hotmail.com](mailto:kley.soares@hotmail.com)



### INTRODUÇÃO

A homologação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em 2018, marcou um ponto de inflexão no sistema educacional brasileiro, impondo mudanças substanciais às práticas de ensino (BRASIL, 2018). No Ensino Médio, o documento define 26 habilidades distribuídas em três competências específicas que integram a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Química, Física e Biologia). Essas diretrizes, ao mesmo tempo em que propuseram maior integração entre os componentes curriculares, colocaram em pauta novos desafios: reformular currículos, reorganizar matrizes de aprendizagem e adequar os materiais didáticos às novas exigências (ARNAUD; FERNANDEZ, 2022).

Neste estudo, são discutidos aspectos relacionados à elaboração de livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias submetidos ao Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) de 2021. Diferente das edições anteriores, que contemplavam volumes separados por disciplina, as obras mais recentes foram organizadas por área do conhecimento e passaram a incorporar as aprendizagens essenciais descritas na BNCC. Tais aprendizagens aparecem sob a

forma de competências e habilidades, a serem desenvolvidas em um ensino interdisciplinar, contextualizado e articulado às relações entre ciência, tecnologia, sociedade, meio ambiente e mundo do trabalho. Cabe destacar que o termo “conteúdo”, utilizado ao longo desta pesquisa, não está associado a uma perspectiva meramente conteudista, mas à ideia de um conjunto de saberes e conceitos químicos indispensáveis à compreensão de fenômenos e contextos que promovem o desenvolvimento das habilidades previstas.

Com a ausência de um rol definido de conteúdos mínimos na BNCC, surgiram questionamentos sobre quais temas da Química deveriam permanecer nos currículos e materiais de apoio. A opção do documento por indicar “aprendizagens essenciais” em vez de “conteúdos obrigatórios” abriu margem para diferentes interpretações. Expressões genéricas, como “estrutura da matéria”, suscitaram dúvidas sobre a obrigatoriedade ou não de determinados tópicos. Arnaud e Fernandez (2022, p. 7) observaram que “alguns conteúdos considerados clássicos e que eram apresentados frequentemente nos documentos oficiais agora aparecem de forma tímida em apenas alguns currículos”. Conceitos tradicionais, como geometria molecular, gases e isomeria, foram inclusive omitidos em parte dos currículos examinados.

Uma estratégia eficaz para compreender como as orientações da BNCC se materializam no ensino é analisar os livros didáticos aprovados pelo PNLD. Isso porque, ao submeterem suas obras, as editoras precisam demonstrar conformidade com as normas vigentes. Ainda que o livro didático não deva substituir o planejamento docente, ele exerce forte influência na organização das aulas e na seleção dos conteúdos abordados. Como salienta Bittar (2017, p. 365), “se queremos compreender algumas das razões de dificuldades de aprendizagem enfrentadas por alunos, o livro didático utilizado por eles é uma das fontes a serem consultadas”.

A produção e análise de livros didáticos de química ocorridas no âmbito do PNLD de 2018 consideraram, dentre outros documentos oficiais, os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 2000, 2002) e Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006). Tais documentos foram importantes para informar acerca das competências, habilidades e conteúdos contemplados nos livros. No PNLD de 2021 a nova BNCC passou a ser uma referência importante para a produção dos novos livros.

Uma das preocupações quanto à implementação da nova BNCC no Ensino de Química é a desvalorização disciplinar, em favor de um modelo que prega a contextualização e interdisciplinaridade. O problema não é enfatizar o referido modelo, mas reduzir conhecimentos construídos ao longo do tempo a uma caixa de ferramentas inútil. Na visão crítica de Martins (2020, p. 7), por exemplo, influências – políticas, econômicas, sociais e culturais – acabam “garantindo a permanência de conteúdos conservadores nos documentos, além de favorecer a formação dos estudantes para o mercado de trabalho e desconsiderar questões sociais articuladas a conceitos científicos”.

Nesse sentido, quais conteúdos específicos de química foram considerados pelos livros didáticos no último PNLD para a área de ciências da natureza e suas tecnologias? Como o conteúdo “geometria molecular” foi abordado nos livros didáticos?

O tópico geometria molecular foi escolhido para análise por se tratar de um conteúdo essencial e presente em todos os livros de química aprovados no PNLD de 2018, mas que pode ter passado por mudanças em decorrência da nova BNCC. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi



verificar os conteúdos de química abordados nos livros didáticos aprovados no PNLD e analisar o tópico geometria molecular na perspectiva da noção de organização praxeológica teorizada pelo francês Yves Chevallard.

## APORTE TEÓRICO/METODOLÓGICO

### Análise praxeológica de noções de química em livros didáticos

De acordo com a Teoria Antropológica do Didático (TAD) proposta por Chevallard (1994), uma praxeologia pressupõe a existência de elementos lógicos por trás de toda atividade humana. Na prática do conhecimento, a relação sujeito-instituição-saber é essencial para a compreensão do processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, para entrar em atividade, tal como conseguir resolver uma tarefa de química, um sujeito precisa mobilizar recursos físicos e mentais por meio da interação com o saber institucionalizado.

A atividade humana teorizada por Chevallard se dá em termos de operacionalização de uma organização praxeológica  $[T, \tau, \theta, \Theta]$ , de modo que a prática humana se efetiva pela realização de um tipo de tarefa  $[T]$  que, por sua vez, implementa-se por meio de uma técnica específica  $[\tau]$ . Há sempre uma justificativa por trás do emprego de uma técnica para a execução de uma tarefa. Essa justificativa é chamada de tecnologia da técnica  $[\theta]$ , a qual é justificada por uma teoria  $[\Theta]$  ou tecnologia da tecnologia. Assim, de acordo com Chevallard (2007, p. 16) [tradução nossa]:

Toda atividade humana é analisada usando quatro termos principais: tipos de Tarefas  $T$ ; técnicas  $\tau$  relativas a tipos de tarefas  $T$ ; tecnologias  $\theta$ , “discursos” do conhecimento que justificam, até mesmo explicam as técnicas e que, por sua vez, inspiram ou orientam sua produção; finalmente as teorias  $\Theta$ , que sustentam, enquadram, guiam o design e a produção de tecnologias, dando-lhes compreensibilidade e consistência interna. Uma praxeologia é, então, a união mais ou menos bem sucedida, adequada e pertinente desses quatro componentes.

Bittar (2017, p. 367) ressalta que “o bloco  $[T, \tau]$  é denominado de prático-técnico, ou bloco do saber-fazer; e o bloco  $[\theta, \Theta]$  é denominado bloco tecnológico-teórico ou bloco do saber”. Os blocos prático-técnico e tecnológico-teórico modelam, portanto, as atividades didáticas e compõem uma organização praxeológica.

Uma tarefa do tipo “determinar a geometria molecular da água”  $[T]$ , por exemplo, requisita a adoção de pelo menos uma técnica específica. Um estudante pode começar desenhando a estrutura de Lewis para a molécula de água ( $H_2O$ ) e obter o número de pares de elétrons ligantes e não ligantes ao redor do átomo central  $[\tau]$ . Como há dois pares de elétrons ligantes e dois não ligantes, a geometria correspondente é angular.

A tecnologia ou justificativa da técnica empregada  $[\theta]$  está ligada à operacionalização das noções de regra do octeto – para o caso do desenho da estrutura de Lewis e identificação dos pares de elétrons – e de repulsão eletrônica (distanciamento máximo entre os pares de elétrons), a qual justifica a orientação tetraédrica dos pares de elétrons ligantes e não ligantes e a conformação angular da molécula. Dessa forma, a técnica empregada só é válida porque são justificadas, ou seja,

há uma lógica por trás do desenho de uma fórmula estrutural contendo pares de elétrons em uma disposição espacial característica.

Por fim, as noções de repulsão eletrônica para a determinação da geometria molecular da água são elementos da Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (TRPECV) [Ø] (SILVA et al., 2020). A referida teoria expressa que “as forças de natureza elétrica diminuem quando as cargas se afastam. Por isso, quanto mais distanciados estiverem os elétrons das últimas camadas dos átomos envolvidos na ligação, menor será a força de repulsão entre eles” (THOMPSON et al., 2020, p. 119). Esse argumento mais abstrato (natureza elétrica) é parte de uma teoria que justifica, portanto, a tecnologia que orientou a adoção de uma técnica específica para a resolução da tarefa.

A realização de um tipo de tarefa requisita a interação do sujeito com estímulos do ambiente para que uma solução de um problema seja encontrada. A tarefa “determinar a geometria molecular da água” deve ter sido transmitida por meio da fala, escrita ou gestos, mas sua origem é de natureza sensível, perceptível, material. Bosch e Chevallard (1999) chamam esses estímulos de objetos ostensivos. Se implementados e manipulados adequadamente, tais estímulos podem evocar ideias, conceitos, intuições. São os chamados objetos não ostensivos. Eles estão no plano das ideias, não podem ser percebidos ou mostrados por si mesmos. Dessa forma, na perspectiva praxeológica, entrar em atividade matemática, química etc. pressupõe manipular objetos ostensivos e não ostensivos para mobilizar os conhecimentos e solucionar os problemas propostos.

No contexto da aprendizagem de geometria molecular, os objetos ostensivos escritos (figuras, símbolos, escrita) desempenham um papel importante na evocação dos objetos não ostensivos (conceitos). As estruturas de Lewis e representações moleculares tridimensionais, por exemplo, estão alinhadas às justificativas para as diferentes conformações das moléculas. Nesse jogo que envolve a articulação de objetos ostensivos e não ostensivos como requisito para a realização de tarefas de química, o livro didático entra em cena enquanto recurso possivelmente repleto de tarefas, técnicas, tecnologias e teorias que visam colocar o estudante em atividade. Assim, cabe o questionamento: Se existe praxeologia, como ela está presente nos livros didáticos?

### Aspectos metodológicos

Para alcançar os objetivos propostos, conduziu-se uma pesquisa qualitativa e documental. Os resultados são apresentados em duas partes, cada uma com um objetivo distinto: 1) Identificar se houve exclusão e/ou redução de conteúdos importantes de química nos livros didáticos aprovados no PNLD 2021; 2) Analisar o conteúdo de geometria molecular na perspectiva da noção de organização praxeológica.

Na primeira parte, apresenta-se os conteúdos de química abordados nos livros didáticos para o Ensino Médio aprovados no PNLD de 2018 (anterior à BNCC) e 2021 (objeto 2, de acordo com a BNCC). O principal objetivo foi comparar os livros didáticos para verificar se houve exclusão e/ou redução dos principais conteúdos de química depois da implementação da nova BNCC.

Utilizou-se o quadro de conteúdos de química adaptado de Arnaud e Fernandez (2022) como referência. Nele são explicitados os principais conceitos químicos visados para o Ensino Médio e presentes em currículos dos Estados brasileiros, em conformidade com a BNCC. As autoras



identificaram que, mesmo não apresentados explicitamente na BNCC, vários conteúdos – tabela periódica, ligações químicas, soluções e misturas – foram incluídos no currículo da maioria dos Estados pesquisados. Sugere-se que houve um ajuste dos currículos anteriores para incorporar a ideia do desenvolvimento de habilidades e competências da nova BNCC, sem necessariamente excluir conceitos importantes. Dessa forma, o mapa de conteúdos de referência utilizado nesta pesquisa é reflexo dos principais conteúdos que já vinham sendo abordados em livros anteriores à reforma do ensino médio, o que permite fazer a comparação do cenário antes e depois da BNCC. Os conteúdos/temas/conceitos gerais – obtenção de produtos, meio ambiente, conservantes de alimentos – não foram objeto desta análise, por entendermos que a proposta da BNCC já focaliza no aspecto contextual- interdisciplinar e todos os livros do PNLD buscaram cumprir essa exigência curricular.

Em todos os 7 livros de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovados no PNLD 2021 (Quadro 1) foi encontrado um mapa/quadro de conteúdos que serviu de referência para análise. Ainda assim, quando o conteúdo não foi especificado no mapa disponibilizado pela editora, recorreu-se a uma análise mais profunda de todos os volumes do livro. Para representar os livros didáticos do PNLD 2018, optou-se por analisar um livro didático (três volumes) de química da editora Moderna (CISCATO et al., 2016).

**Quadro 1** – Livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovados no PNLD 2021 – objeto 2

Abreviação	Título	Autores	Editora
LD1	Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Zamboni e Bezerra et al. (2020)	Edições SM
LD2	Matéria, Energia e Vida: Uma Abordagem Interdisciplinar	Mortimer et al. (2020)	Scipione
LD3	Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Thompson et al. (2020)	Moderna
LD4	Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Amabis et al. (2020)	Moderna
LD5	Ciências da Natureza – Lopes & Rosso	Carnevalle et al. (2020)	Moderna
LD6	Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Santos et al. (2020)	Moderna
LD7	Multiversos – Ciências da Natureza	Godoy et al. (2020)	FTD

**Fonte:** Guia do PNLD 2021 Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Objeto 2.

Na segunda parte, apresenta-se a análise praxeológica do conteúdo de geometria molecular de todos os sete livros didáticos aprovados no PNLD 2021. Inspirou-se no modelo de análise sugerido por Silva et al. (2020) – (Quadro 2) – para identificar e ilustrar os elementos de uma praxeologia (tarefas, técnicas, tecnologias e teorias).

**Quadro 2** – Exemplo de identificação dos elementos de uma praxeologia associados a uma tarefa de geometria molecular

Bloco do Saber-Fazer (BSF)		Bloco do Saber (BS)	
tipo de Tarefa (T)	Técnica (τ)	Tecnologia (θ)	Teoria (Θ)

Escrever a estrutura de Lewis para a molécula $\text{XeF}_4$ , prevendo a geometria molecular.	Desenhar a estrutura de Lewis; Determinar a distribuição espacial dos pares de elétrons; Determinar a distribuição espacial dos pares ligantes; Determinar a geometria com base nos pares ligantes.	Grupos de elétrons tendem a se posicionar o mais longe possível uns dos outros.	Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (TRPECV)
--	---	---	---

**Fonte:** Adaptado de Silva et al. (2020).

Com isso, verifica-se como as praxeologias estão organizadas, identificando-se lacunas e potencialidades para a reflexão do processo de ensino e aprendizagem a partir dos livros didáticos aprovados no PNLD 2021.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Comparação dos conteúdos de química abordados nos livros didáticos aprovados no PNLD de 2018 e 2021

O Quadro 3 mostra os principais conteúdos de química abordados em livros didáticos aprovados pelo PNLD de 2018 (um livro) e 2021 (sete livros). O quadro também destaca se os conteúdos foram explicitados na BNCC.

**Quadro 3** – Conteúdos abordados no livro do PNLD 2018 e 2021

Principais conteúdos de química	LD PNLD 2018	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7	Consta na BNCC?
Transformações e reações químicas									
Leis ponderais									
Estrutura e propriedades da matéria									
Modelos atômicos									
Estequiometria									
Gases									
Termoquímica									
Eletroquímica									
Cinética química									
Equilíbrio químico									
pH									
Radioatividade									
Compostos orgânicos									

Tabela periódica									
Ligações químicas									
Geometria molecular									
Interações intermoleculares									
Funções inorgânicas									
Soluções									
Isomeria									
Funções orgânicas									
Reações orgânicas									
Polímeros									
Bioquímica									

Fonte: Adaptado de Arnaud e Fernandez (2022).

O primeiro achado desta pesquisa é que não houve, necessariamente, exclusão de conteúdos importantes de química nos livros aprovados pelo PNLD 2021. Ou seja, o pouco detalhamento conceitual presente na BNCC não limitou a abordagem dos conteúdos pelas editoras. Entenda-se exclusão como a não abordagem de algum conteúdo elencado no Quadro 3, não significando, no entanto, que a sua inclusão satisfaz os objetivos visados pelo ensino. Em meio aos conhecimentos de propriedades da matéria, por exemplo, a noção de separação de misturas ou propriedades coligativas pode não constar ou ser insuficiente em alguns livros. Algumas obras, inclusive, abordam a noção de soluções de forma rasa, sem incluir conceitos de concentração de soluções.

Ao mesmo tempo em que concordamos que a construção de conhecimentos “não precisa necessariamente seguir uma cadeia linear de pré-requisitos, pois a realidade não se estrutura dessa maneira” (MORTIMER et al., 2020, p. 193), questionamos se o modelo proposto pela BNCC dá condições para a efetivação de um processo interdisciplinar, sem desconsiderar conceitos científicos basilares e importantes para a compreensão do todo.

Apesar da BNCC explicitar alguns conteúdos químicos, identificou-se que os autores dos livros didáticos analisados tiveram flexibilidade para abordar os conhecimentos que já vinham sendo – tradicionalmente – incluídos nos currículos e livros. Entendemos que todos os outros conteúdos do Quadro 3 não explicitados na BNCC se encaixam em um dos seguintes conteúdos explicitados pela BNCC: Estrutura e propriedades da matéria; compostos orgânicos.

Embora não tenha ocorrido exclusão de conteúdo, há indícios de redução. Ao verificarmos o conteúdo de modelos atômicos, o LD1, LD2, LD4 não abordam os aspectos históricos da ideia atomística anterior à Dalton. O LD5 é o que aborda mais brevemente os modelos atômicos. Outra forma de verificar a redução explícita de conteúdo e atividades é comparar a quantidade



aproximada de páginas dos livros aprovados nos dois últimos PNLD. Enquanto no âmbito do PNLD 2018 houve cerca de 1000 páginas dedicadas a conteúdos e atividades de química para todo o ensino médio, no PNLD 2021 o número de páginas foi reduzido para aproximadamente 320. Ressalta-se que essa análise genérica não tem o poder de julgar a qualidade ou efetividade dos referidos conteúdos presentes nos livros didáticos.

No rol de mudanças na estrutura do livro didático, destacam-se algumas ações permitidas diante da flexibilização da BNCC. Por exemplo, mesmo com a explicitação do conteúdo “leis ponderais” na BNCC, os autores do LD4 abordaram o tema na parte específica do professor e propôs uma pesquisa sobre a lei da conservação de massa no livro do aluno. Entendemos que, apesar de não estar disponível explicitamente no livro do estudante, as noções de conservação da matéria e proporções constantes foram destacadas no manual do professor para que ele as aborde em sala de aula. Percebeu-se que o manual do professor serviu como apoio pedagógico – contendo conteúdos didáticos – e disciplinar, complementando conteúdos que não foram abordados no livro do aluno.

Embora cada volume tenha sido elaborado com base em um tema gerador, verificou-se que apenas o LD3 apresentou um movimento interdisciplinar mais explícito a partir do conteúdo de geometria molecular. Ele aparece no capítulo “algumas substâncias utilizadas na área da saúde” e é justificado – no manual do professor – pela necessidade de se compreender as propriedades e mecanismos de ação das substâncias. As demais obras apresentam o conteúdo de forma contextual, com abordagem disciplinar similar aos livros de edições anteriores. Essa verificação foi feita apenas para o conteúdo supracitado. As outras obras também fazem movimentos interdisciplinares importantes a partir de outros conceitos. O ponto positivo de quase todos os livros – exceto o LD7 – é que a geometria molecular é considerada essencial para o entendimento da química, mesmo não sendo explicitada na BNCC.

As noções de termoquímica não foram identificadas no LD1. Aqui é importante notar que o fato de o referido conteúdo não constar no livro não caracterizou uma lacuna com motivo de reprovação da obra. O mesmo aconteceu com o LD7, o qual não abordou o conteúdo de geometria molecular.

### **Análise praxeológica do conteúdo geometria molecular nos livros didáticos aprovados no PNLD 2021**

Dos 7 livros aprovados, o LD7 não abordou o conteúdo de geometria molecular, embora tenha sugerido a determinação da geometria molecular para uma tarefa relativa à polaridade. Ressalta-se que os conteúdos de interações intermoleculares e polaridade não foram objeto da análise, ainda que em alguns casos tenham sido discutidos no tópico de geometria molecular.

Considerando-se todos os livros, identificou-se 4 tipos de tarefa [T], 3 técnicas [ $\tau$ ], 4 tecnologias [ $\theta$ ] e 3 elementos de uma teoria [ $\Theta$ ]. Somente para o caso das técnicas, apenas uma delas pode ser escolhida por livro (Quadro 4).



**Quadro 4** – Elementos de uma praxeologia identificados nos livros didáticos analisados relativos a tarefas sobre identificação de geometria molecular

Elementos de uma praxeologia		LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7
Tipo de tarefa [T]	Determinar/prever a geometria molecular a partir de fórmula molecular.							
	Apresentar visão espacial tridimensional das moléculas a partir de modelo físico.							
	Apresentar visão espacial tridimensional das moléculas a partir de recurso virtual.							
	Realizar operações com múltiplas representações (fórmula estrutural e representação 3D).							
Técnica [τ] <u>Apenas uma opção</u>	Escrever a fórmula eletrônica para a molécula e contar quantos pares de elétrons (ligantes e não ligantes) existem ao redor do átomo central; Prever a forma geométrica dos pares de elétrons ao redor do átomo central; Determinar a geometria da molécula considerando apenas os átomos unidos ao átomo central.							
	Observar todos os pares de elétrons presentes no átomo central.							
	Formar o maior ângulo possível entre as ligações.							
Tecnologia [θ]	Pares de elétrons se posicionam mantendo a maior distância possível entre si.							
	Os ângulos entre as ligações nas geometrias linear, trigonal plana e tetraédrica são, respectivamente, 180º, 120º e 109º28’.							
	Nos casos da água e amônia, em comparação com o metano, os ângulos de ligação diminuem à medida que o número de pares de elétrons não ligantes aumenta.							
	Em uma molécula mais complexa, costuma-se atribuir uma geometria a cada átomo de carbono.							
Teoria [Θ]	Teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência (VSEPR)							
	Domínios de elétrons (carga negativa) tendem, por repulsão eletrostática, a se afastar o máximo possível.							
	O menor ângulo entre as ligações da água e amônia em relação ao ângulo previsto (109º28’) é explicado considerando que cada par eletrônico não ligante, por estar situado apenas no átomo central, e não disperso na							

	região entre dois núcleos, repele muito intensamente os pares eletrônicos das ligações.							
Total de elementos de uma praxeologia		5	6	8	10	11	7	1

Fonte: Os autores.

O LD1 e LD7 foram os únicos que não apresentaram uma organização praxeológica [T,  $\tau$ ,  $\theta$ ,  $\Theta$ ] para o conteúdo de geometria molecular. O LD7 foi o único que não abordou o conteúdo geometria molecular e não será mencionado na discussão seguinte. O LD1 não expressou algum argumento [ $\Theta$ ] que justifique o distanciamento máximo entre os pares de elétrons [ $\theta$ ]. É também o livro com o conteúdo de geometria molecular mais resumido – 1 lauda – em comparação com os outros livros analisados. Torna-se evidente a redução do referido conteúdo no PNLD 2021 quando a versão do LD1 (BEZERRA et al., 2016) aprovada no PNLD 2018 é comparada com a atual. Na versão anterior do livro, com cerca de 4 laudas dedicadas ao conteúdo, a praxeologia é existente e, além dos 5 elementos presentes na versão atual, há noções de ângulo [ $\theta$ ] e explicação da disposição espacial dos átomos com base na teoria da repulsão eletrônica [ $\Theta$ ]. Também houve espaço para uma contextualização por meio da história e uma proposição experimental detalhada sobre a montagem de moléculas com massa de modelar.

O LD4 e LD5 são os mais completos em termos de elementos que caracterizam a existência de uma praxeologia. Porém, isso não significa que eles são os melhores em todos os aspectos. Por exemplo, enquanto o LD5 tem a vantagem de propor uma atividade com modelo molecular virtual [T], o LD4 traz uma técnica mais detalhada e clara do que o LD5.

O tipo de tarefa [T] mais relevante para constatar a aprendizagem de geometria molecular é a do tipo “determinar/prever a geometria molecular a partir de fórmula molecular”. Em LD 1 e LD3, esse tipo de tarefa não está explícito, mas pode ser identificado a partir dos exemplos trabalhos pelos autores. Na parte de aplicação do conhecimento, eles optaram por trazer exercícios mais voltados à análise do aspecto estrutura-propriedade (polaridade e interações intermoleculares). Nos demais livros, a tarefa foi facilmente identificada nos exercícios de aplicação. A tarefa relativa à apresentação de visão espacial tridimensional das moléculas a partir de recurso virtual [T] foi satisfeita em LD3, LD5 e LD6. É importante destacar que a proposição de tarefas que mobilizem objetos ostensivos – como modelos físicos e virtuais – é essencial para o aprimoramento da percepção espacial das moléculas (SILVA; FONSECA, 2021). Além disso, a operação com múltiplas representações [T] (fórmula estrutural e representação 3D), possibilitada no LD1, LD4 e LD5, favorece a identificação de características conceituais complementares (MARTINA, 2017).

Quanto às técnicas [ $\tau$ ] possíveis para a resolução das tarefas, o LD3, LD5 e LD6 expressam técnicas menos detalhadas e podem gerar maior dependência das explicações do professor. Outro problema das técnicas identificadas nesses livros é que não alertam para a diferença entre a orientação geométrica dos pares de elétrons ao redor do átomo central e a geometria resultante, quando os pares de elétrons não ligantes são desconsiderados. O LD1, LD2 e LD4 trazem uma técnica mais adequada. Embora a técnica trazida por esses três últimos livros mencione a necessidade de escrever a fórmula eletrônica, não consideramos a análise de tecnologias e teorias relativas à regra do octeto, por pressupormos que esse assunto foi previamente abordado nos livros didáticos e não faz parte do objeto de análise desta pesquisa.

As tecnologias [θ] identificadas fazem parte de um conjunto de definições que justificam o emprego das técnicas específicas. A principal razão para arranjar os elétrons em torno do átomo central – abordada em todos os livros – é que os pares de elétrons se distanciam ao máximo entre si [θ]. Consequentemente, as geometrias formadas são caracterizadas por ângulos específicos entre as ligações [θ]. Essa observação está presente em LD2, LD3, LD4 e LD5. Porém, para evitar a aquisição de erros conceituais quanto aos ângulos formados, apenas o LD4 e LD5 explicam que nos casos da água e amônia, em comparação com o metano, os ângulos de ligação diminuem à medida que o número de pares de elétrons não ligantes aumenta [θ]. Observou-se que os livros abordaram brevemente o conteúdo de geometria molecular com exemplos que podem ser facilmente identificados em moléculas orgânicas. Porém, apenas o LD4 traz uma tecnologia importante para esclarecer que em uma molécula mais complexa, costuma-se atribuir uma geometria a cada átomo de carbono [θ].

A menção à teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência [Θ] enquanto argumento mais abstrato ou de alta densidade conceitual era esperada em todos os livros didáticos. Mas, apenas o LD1 não o fez. A menção à teoria foi considerada um elemento praxeológico porque sugere que as tecnologias estão sob a vanguarda de elementos teóricos mais robustos, ainda que não sejam explorados no livro didático em decorrência do nível escolar do público-alvo. Em alinhamento com a referida teoria, o LD3, LD4, LD5 e LD6 explicitaram a noção de repulsão eletrônica como efeito da repulsão eletrostática entre domínios de elétrons (carga negativa) [Θ]. Apenas o LD4 e LD5 explicaram as distorções dos ângulos da água e amônia, em relação ao metano [Θ].

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A promulgação da nova BNCC trouxe à tona questionamentos sobre a seleção e a organização dos conteúdos científicos nos livros didáticos. Na primeira parte da análise, revelou-se que, embora os principais temas de química tenham sido mantidos, muitos não são mencionados de forma explícita no texto da BNCC, o que gera margens interpretativas no processo de elaboração das obras. Essa redução aparente de conteúdos, embora justificada por uma proposta de ensino mais integrado e contextualizado, desperta preocupações quanto à possível limitação da base conceitual necessária à compreensão dos fenômenos químicos. O movimento interdisciplinar e formativo promovido pela BNCC é relevante, mas os impactos dessa reconfiguração, especialmente o risco de superficialização de noções científicas essenciais, ainda precisam ser investigados com maior profundidade.

Na segunda parte, a análise praxeológica do conteúdo geometria molecular mostrou que os livros didáticos se baseiam em uma estrutura mínima para a compreensão da disposição espacial das moléculas. O ideal seria que todos os elementos de uma praxeologia identificados figurassem em todas as obras, mas o desafio que se apresenta é, justamente, olhar para as lacunas e complementar o ensino com outros recursos pedagógicos, tais como modelos virtuais e físicos, bem como exemplos que explorem geometrias moleculares mais complexas.

Para além dos objetivos desta pesquisa, percebeu-se que alguns autores dos livros didáticos tiveram dificuldade para organizar os conteúdos dentro da proposta da BNCC. A impressão é que

houve uma adequação dos conteúdos tradicionais de biologia, física e química em volumes orientados por temas centrais, em uma tentativa interdisciplinar, limitada pelas especificidades disciplinares de cada área do conhecimento e quantidade de páginas insuficiente para abordar e tecer relações entre conceitos científicos importantes. Em alguns casos, se não pelo fato de estarem no mesmo livro e sob a prerrogativa integradora-contextual de um tema central, os conteúdos das diversas disciplinas estão misturados e desconectados entre si.

Dessa forma, para pesquisas futuras, cabe investigar se e como ocorreu o processo interdisciplinar das obras, além de verificar os impactos desse novo modelo de organização didática. Será que as habilidades e competências comuns são transferíveis para contextos em que saberes químicos não foram trabalhados por falta de inclusão ou insuficiência no livro? Como está sendo operacionalizada a utilização do livro de Ciências da Natureza e suas Tecnologias por professores polivalentes ou específicos? A carga horária destinada à disciplina é suficiente?

O método de análise praxeológica serviu às finalidades desta pesquisa e pode ser empregado para avaliar os demais conteúdos de química. O PNLD 2021 para obras específicas foi o primeiro depois da implementação da BNCC e, certamente, passará por adaptações ao longo do tempo. Assim, não foi objetivo deste trabalho julgar a qualidade dos livros em todos os aspectos e indicar os melhores e piores. Afinal, todos eles passaram por avaliação especializada e foram aprovados. Espera-se que os resultados desta pesquisa informem professores e pesquisadores acerca das fragilidades encontradas e os encorajem a buscar caminhos complementares para alcançar os objetivos visados pelo ensino. O livro didático não pode ser a única fonte de aquisição de conhecimentos.

## AGRADECIMENTOS

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas.

## Referências

- AMABIS J. M. et al. **Moderna plus**: ciências da natureza e suas tecnologias: manual do professor. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.
- ARNAUD, A. A.; FERNANDEZ, C. Os currículos estaduais brasileiros e o conteúdo de química. In: 41º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, 2022, Rio Grande do Sul. **Anais eletrônicos** [...] Capão do Leão: EDEQ, 2022, p. 1 – 10. Disponível em: <https://edeq.com.br/submissao2/index.php/edeq/article/view/63>. Acesso em: 4 jan. 2023.
- BEZERRA, L. M. et al. (org). **Ser protagonista**: química, 1º ano: ensino médio. 3. ed. São Paulo: Edições SM, 2020. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2016.
- BITTAR, M. A teoria antropológica do didático como ferramenta metodológica para análise de livros didáticos. **Zetetike**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 364-387, 2017.
- BOSCH, M.; CHEVALLARD, Y. La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 19, n. 1, p. 77-124, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**: ensino médio. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio**: v. 2 ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.



- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio. Brasília: MEC, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ ensino médio**: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2002.
- CARNEVALLE, M. R. et al. (org.). **Ciências da natureza**: Lopes & Rosso: manual do professor. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.
- CHEVALLARD, Y. Éducation & didactique: une tension essentielle. **Éducation et didactique (En ligne)**, v. 1, n. 1, p. 9-28, 2007. DOI: <https://doi.org/10.4000/educationdidactique>
- CHEVALLARD, Y. Ostensifs et non-ostensifs dans l'activité mathématique. In: SEMINAIRE DE L'ASSOCIAZIONE MATHESIS, 1994, Turin. **Actes [...]**. [Turin]: Mathesis: Società Italiana di Scienze Matematiche e Fisiche, 1994. p. 190-200. Disponível em: [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id\\_article=125](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=125). Acesso em: 4 jan. 2023.
- CISCATO, C. A. M. et al. **Química**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2016.
- GODOY, L. P. et al. **Multiversos**: ciências da natureza: matéria, energia e a vida: ensino médio. 1. ed. São Paulo: FTD, 2020.
- MARTINS, S. T. **O ensino de ciências/química no contexto da base nacional comum curricular e da reforma do ensino médio**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC, Florianópolis, 2020.
- MORTIMER, E. et al. **Matéria, energia e vida**: uma abordagem interdisciplinar. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2020.
- SANTOS, K. C. (org.). **Diálogo**: ciências da natureza e suas tecnologias: manual do professor. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.
- SILVA, K. S.; FONSECA, L. S.; SILVA, L. P.; CARVALHO, E. F. Proposta de análise praxeológica de noções de química em documentos oficiais e livros didáticos. **Ciência & Educação**, 26, e20012, 2020.
- THOMPSON, M. et al. **Conexões**: ciências da natureza e suas tecnologias: manual do professor. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.
- ZAMBONI, A.; BEZERRA, L. M. (org.). **Ser protagonista**: ciências da natureza e suas tecnologias. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2020.



## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi verificar os conteúdos de química abordados nos livros didáticos aprovados no PNLD 2021 e analisar a suficiência da noção de geometria molecular na perspectiva da organização praxeológica. Conduziu-se uma pesquisa qualitativa e documental a partir da consulta às obras específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Para fins comparativos, apresenta-se os conteúdos de química abordados em livros do Ensino Médio aprovados no PNLD 2018 e 2021. Depois, apresenta-se os elementos praxeológicos (tarefas, técnicas, tecnologias e teorias) da noção de geometria molecular. Os resultados mostraram que os principais conteúdos de química não foram excluídos do livro, embora alguns não tenham sido explicitados na BNCC. Por outro lado, há evidências de redução de conteúdo e exercícios de aplicação. A análise praxeológica mostrou que os livros didáticos apresentam uma estrutura mínima para a compreensão da disposição espacial das moléculas e precisam ser complementados com outros recursos pedagógicos.

**Palavras-chave:** BNCC; Geometria molecular; Livro didático; PNLD; Praxeologia.



## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue verificar los contenidos de química abordados en los libros de texto aprobados en el PNLD 2021 y analizar la suficiencia de la noción de geometría molecular desde la perspectiva de la organización praxeológica. Se realizó una investigación cualitativa y documental a partir de la consulta de trabajos específicos sobre Ciencias Naturales y sus Tecnologías. Con fines comparativos, se presentan los contenidos de química abordados en los libros de bachillerato aprobados en el PNLD 2018 y 2021. Luego, se presentan los elementos praxeológicos (tareas, técnicas, tecnologías y teorías) de la noción de geometría molecular. Los resultados mostraron que los principales contenidos de química no fueron excluidos del libro, aunque algunos no fueron explicados en la BNCC. Por otro lado, se evidencian ejercicios de reducción y aplicación de contenidos. El análisis praxeológico mostró que los libros de texto tienen una estructura mínima para comprender la disposición espacial de las moléculas y necesitan ser complementados con otros recursos pedagógicos.

**Palabras clave:** BNCC; Geometría molecular; Libro de texto; PNLD; Praxeología.