

Representações visuais do conteúdo de ligações químicas em Livros Didáticos do Ensino Médio aprovados no PNLD 2021-2024

Visual representations of chemical bonding content in secondary school chemistry textbooks approved by the PNLD 2021–2024

Representaciones visuales del contenido de los enlaces químicos en libros de texto de Química de la Educación Secundaria aprobados por el PNLD 2021–2024

Vitor Manuel Nalhato da Silva  0009-0005-8998-7888
Universidade Federal de São Carlos; vitor.nalhato@estudante.ufscar.br

Luciane Fernandes Goes  0000-0002-4334-786X
Universidade de São Paulo; luciane.goes@iq.usp.br

Resumo

Este estudo teve como objetivo analisar as representações visuais do conteúdo de ligações químicas em livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio aprovados no PNLD 2021–2024, considerando seus níveis representacionais, funções pedagógicas e orientações curriculares. Trata-se de uma pesquisa qualitativa e documental, na qual foram analisados capítulos em que as ligações químicas constituem o tema central, contemplando apenas as representações inseridas no desenvolvimento do conteúdo. As imagens foram examinadas a partir de categorias relacionadas aos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, à articulação entre imagem e texto, à função pedagógica e à orientação curricular mobilizada. Os resultados indicam predominância de representações nos níveis macroscópico e simbólico, com exploração limitada do nível submicroscópico, essencial para a compreensão conceitual em Química. Observou-se também elevada frequência de imagens com função decorativa e fragilidades no uso das legendas, o que compromete o potencial didático das representações. Quanto à orientação curricular, prevalece uma abordagem centrada na estrutura tradicional da disciplina, com pouca articulação crítica ou contextual ampliada. Conclui-se que, embora os livros apresentem diversidade de representações, sua distribuição e função pedagógica pode limitar a explicitação das relações entre os diferentes níveis representacionais.

Palavras-chave: Níveis representacionais, Função pedagógica da imagem, Orientação curricular, Ensino de Química

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo analizar las representaciones visuales del contenido de enlaces químicos en libros de texto de Ciencias de la Naturaleza de la Educación Secundaria aprobados en el PNLD 2021–2024, considerando sus niveles representacionales, funciones pedagógicas y orientaciones curriculares. Se trata de una investigación cualitativa y documental, en la que se analizaron capítulos en los que los enlaces químicos constituyen el tema central, considerando únicamente las representaciones incorporadas en el desarrollo del contenido. Las imágenes fueron examinadas a partir de categorías relacionadas con los niveles representacionales, la articulación entre imagen y texto, la función pedagógica y la orientación curricular movilizada. Los resultados indican una predominancia de representaciones en los niveles macroscópico y simbólico, con una exploración limitada del nivel submicroscópico, esencial para la comprensión conceptual en Química. Asimismo, se observó elevada frecuencia de imágenes con función decorativa y debilidades en el uso de los pies de imagen, lo que compromete el potencial didáctico de las representaciones. En cuanto a la orientación curricular, predomina un enfoque centrado en la estructura tradicional de la disciplina, con escasa contextualización. Se concluye que la distribución y función pedagógica pueden limitar la explicitación de las relaciones entre los diferentes niveles representacionales.

Palabras clave: Niveles representacionales, Función pedagógica de la imagen, Orientación curricular, Enseñanza de la Química

Abstract

This study aimed to analyze the visual representations of chemical bonding content in secondary school Natural Sciences textbooks approved by the PNLD 2021–2024, considering their representational levels, pedagogical functions, and curricular orientations. This qualitative, documentary study examined textbook chapters in which chemical bonding constitutes the central topic, considering only the representations embedded in the development of the content. The images were analyzed using categories related to macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels, the relationship between image and text, pedagogical function, and curricular orientation. The results indicate a predominance of representations at the macroscopic and symbolic levels, with limited exploration of the submicroscopic level, which is essential for conceptual understanding in Chemistry. A high frequency of images with a decorative function and weaknesses in the use of captions were also observed, compromising the didactic potential of the representations. Regarding curricular orientation, a content-centered approach grounded in the traditional structure of the discipline prevails, with limited critical articulation or broader contextualization. The analysis suggests that, although the textbooks include a diversity of representations, the way these are distributed and pedagogically mobilized may limit the explicit articulation of relationships among different representational levels.

Keywords: Representational levels, Pedagogical function of images, Curricular orientation, Chemistry education

Introdução

Os livros didáticos continuam sendo recursos centrais no Ensino de Química, amplamente utilizados por professores no planejamento das aulas e por estudantes em suas

práticas de estudo e realização de atividades escolares (Arnaud; Fernandez, 2024). No contexto da Educação Básica, especialmente no Ensino Médio, esses materiais frequentemente contribuem para orientar a seleção, a organização e a sequência dos conteúdos abordados em sala de aula, constituindo uma importante referência pedagógica para professores e alunos.

No Brasil, a centralidade do livro didático no Ensino Médio foi intensificada por políticas públicas de aquisição e distribuição, especialmente por meio do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). Esse programa estabelece critérios de avaliação que buscam garantir a qualidade pedagógica, científica e editorial das obras destinadas à Educação Básica, além de orientar professores no processo de escolha dos materiais a serem utilizados nas escolas (Brasil, 2009). No caso específico do PNLD 2021–2024, os livros didáticos destinados ao Ensino Médio passaram a ser organizados por área do conhecimento, em consonância com as orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Nesse modelo, as obras de Ciências da Natureza e suas Tecnologias passaram a integrar conteúdos tradicionalmente associados às disciplinas de Química, Física e Biologia em volumes temáticos interdisciplinares (Brasil, 2018). Como consequência, conteúdos específicos da Química passaram a aparecer distribuídos em diferentes módulos e contextos temáticos ao longo das obras. Posteriormente, o PNLD Ensino Médio 2026–2029 retornou a organização por componentes curriculares, ainda que mantendo a estrutura geral por área do conhecimento, indicando ajustes recentes nas políticas de produção e seleção de livros didáticos para essa etapa de ensino (Brasil, 2024).

Para além das mudanças na organização curricular dos livros didáticos, o cenário educacional contemporâneo tem sido marcado pela ampliação do uso de recursos digitais e plataformas educacionais, que passaram a integrar de forma crescente o cotidiano das escolas. Esse processo, denominado por alguns autores como plataformização da educação, envolve a incorporação de sistemas digitais, aplicativos e ambientes virtuais de aprendizagem às práticas escolares (Vieira; Ferraro, 2025). Nesse contexto, o livro didático passa a compor um conjunto mais amplo de recursos pedagógicos mobilizados no processo de ensino, coexistindo com diferentes ferramentas tecnológicas utilizadas nas práticas docentes.

Contudo, essa coexistência não é isenta de tensões, pois a plataformização introduz uma lógica de mercantilização e vigilância na qual o fluxo de ensino-aprendizagem é convertido em dados valiosos para grandes corporações tecnológicas. Diferente da estrutura sequencial do livro didático, as plataformas frequentemente fragmentam o conhecimento em "pequenos pacotes" de atividades, como quizzes e videoaulas curtas, o que pode resultar em uma aprendizagem mecânica e superficial, orientada por métricas de desempenho e produtividade

(Vieira; Ferraro, 2025). Esse cenário pode precarizar o trabalho docente, deslocando o professor de sua função pedagógica para a de um gestor de dados e metas automatizadas, ao mesmo tempo em que as trilhas de aprendizagem definidas por algoritmos tendem a suprimir a autonomia do estudante.

Apesar dessas transformações, os livros didáticos continuam sendo objeto de investigação na área de Ensino de Ciências e de Química, uma vez que desempenham papel relevante na organização do conhecimento escolar e na mediação das práticas pedagógicas (Maia et al., 2011). Estudos têm analisado diferentes aspectos desses materiais, como a abordagem de atividades experimentais (Rezende; Silva, 2022), abordagem do conhecimento químico (Rodrigues *et al.*, 2022), a presença de elementos históricos da ciência (Vidal; Porto, 2012) e o uso de representações visuais no ensino de conceitos científicos (Goes *et al.*, 2020). Essas investigações contribuem para compreender como o conhecimento químico é apresentado nos materiais didáticos e quais potencialidades e limitações podem influenciar o processo de ensino e aprendizagem.

Entre os conteúdos abordados nos livros didáticos de Química, o tema das ligações químicas ocupa posição central, por constituir base para a compreensão de diversos outros conceitos, como estrutura da matéria, propriedades das substâncias e transformações químicas (Hurst, 2002). Apesar de sua relevância, pesquisas indicam que professores, estudantes e até mesmo químicos consideram as ligações químicas um dos conceitos mais complexos do ensino de Química, em razão de seu caráter abstrato e da necessidade de mobilização de diferentes conhecimentos conceituais (Taber, 1998, 2001). Essa complexidade está diretamente relacionada à exigência de articulação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, habilidade que muitos estudantes apresentam dificuldade em desenvolver ao longo da escolarização (Johnstone, 1991; Harrison; Treagust, 2000).

Nesse contexto, a forma como as ligações químicas são apresentadas nos livros didáticos, especialmente por meio de representações visuais, assume papel fundamental no ensino e na aprendizagem desse conteúdo (Scalco; Cordeiro; Kill, 2015). Representações que não articulam adequadamente os diferentes níveis representacionais ou que cumprem funções meramente decorativas podem dificultar a construção de modelos conceituais consistentes e favorecer o surgimento de concepções alternativas entre os estudantes (Johnstone, 1991; Gabel, 1999). Diante disso, este trabalho teve como objetivo analisar as representações visuais associadas ao conteúdo de ligações químicas em livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio e aprovados no PNLD 2021–2024.

Discussão Teórica

Dificuldades conceituais e níveis representacionais na Química

O conhecimento químico caracteriza-se por um elevado grau de abstração e é tradicionalmente comunicado por meio de diferentes formas de representação. De acordo com Johnstone (1991, 2000), a Química opera de maneira indissociável em três níveis representacionais: o macroscópico, relacionado aos fenômenos observáveis; o submicroscópico, que envolve entidades e processos em nível atômico-molecular; e o simbólico, que utiliza linguagens próprias da área, como fórmulas, equações e modelos. Embora complementares, a articulação entre esses níveis constitui um dos principais desafios no processo de ensino e aprendizagem da Química.

Diversos estudos indicam que estudantes tendem a privilegiar explicações no nível macroscópico, em função de suas experiências diretas com os fenômenos, o que limita a compreensão dos processos subjacentes e favorece explicações superficiais ou incompletas (Gabel, 1999; Johnstone, 2000). A ênfase recorrente nos níveis macroscópico e simbólico, em detrimento do submicroscópico, compromete a construção de modelos explicativos mais consistentes e favorece o desenvolvimento de concepções alternativas, especialmente em conteúdos de maior abstração (Tan *et al.*, 2009; Wartha; Rezende, 2011).

Essas dificuldades não se restringem aos estudantes, sendo também observadas entre professores, que frequentemente transitam entre os níveis representacionais sem explicitar adequadamente as relações entre eles ou acabam priorizando explicações no plano macroscópico (Gabel, 1999; Valanides; Nicolaidou; Eilks, 2003). Nesse sentido, promover a articulação entre os diferentes níveis representacionais constitui um dos objetivos centrais do ensino de Química, demandando mediações didáticas cuidadosas e o uso consciente de recursos representacionais, especialmente nos materiais didáticos amplamente utilizados nas escolas.

A visualização pode auxiliar no melhor enfrentamento dos diferentes níveis de representação (Gilbert, 2006), mas isso só ocorre se os alunos forem orientados sobre como interpretar os três níveis (Pintó; Ametller, 2002). As representações visuais também têm o potencial de contribuir para uma melhor compreensão dos livros didáticos (Dimopoulos; Koulaidis; Sklaveniti, 2003).

Representações visuais, modelos e construção de significados

As representações visuais ocupam lugar central na comunicação do conhecimento científico e desempenham papel fundamental na construção de significados no ensino de

Química. Diagramas, esquemas, modelos e ilustrações são amplamente utilizados para tornar acessíveis entidades e processos não observáveis, especialmente aqueles associados ao nível submicroscópico. Como muitos dos conceitos envolvidos na Química possuem natureza visual-espacial, o uso de representações visuais pode favorecer a compreensão de estruturas, relações e processos que não são diretamente perceptíveis (Treagust; Chittleborough; Mamiala, 2003; Gilbert, 2006). Essas representações possuem potencial para explicitar relações conceituais que dificilmente seriam expressas apenas por meio do texto escrito, favorecendo a compreensão dos conceitos científicos.

No contexto educacional, as representações visuais estão intimamente relacionadas ao uso de modelos de ensino. Tais modelos derivam de modelos científicos consensuais, mas incorporam simplificações, analogias e recursos didáticos com o objetivo de facilitar a compreensão por parte dos estudantes (Milagres; Justi, 2001). Embora preservem aspectos essenciais dos modelos científicos, os modelos de ensino assumem caráter pedagógico e estão amplamente presentes nos livros didáticos, desempenhando papel central na mediação entre o conhecimento científico produzido pela comunidade científica e o conhecimento escolar mobilizado no ensino.

Estudos indicam que as representações visuais podem contribuir para a aprendizagem ao apoiar a transição entre diferentes níveis representacionais da Química, desde que estejam adequadamente articuladas ao texto e aos conceitos abordados (Carney; Levin, 2002; Gkitzia; Salta; Tzougraki, 2011). Contudo, a simples presença de imagens não garante a aprendizagem, podendo inclusive atuar como obstáculo quando apresentam ambiguidades, simplificações excessivas ou função meramente decorativa (Goes *et al.*, 2020). Representações pouco explicativas ou desconectadas do texto tendem a favorecer interpretações equivocadas e a reforçar concepções alternativas, limitando seu potencial pedagógico. Por essa razão, a análise das representações visuais em livros didáticos constitui um aspecto relevante para compreender como o conhecimento químico é apresentado aos estudantes.

O livro didático como mediador das representações científicas

Os livros didáticos constituem um dos principais recursos de mediação entre o conhecimento científico e as práticas de ensino desenvolvidas em sala de aula, sendo amplamente utilizados por professores no planejamento das aulas e por estudantes em suas práticas de estudo (Devetak; Vogrinc, 2013; Stern; Roseman, 2004). Os estudantes interagem com os livros didáticos tanto durante as aulas quanto em atividades de estudo extraclasse,

utilizando-os como fonte de informação, apoio à resolução de exercícios e referência para a compreensão de conceitos científicos. Nesse sentido, os livros didáticos constituem um dos principais recursos educacionais presentes nas práticas de ensino, desempenhando papel relevante na organização do currículo e na mediação do conhecimento científico no contexto escolar (Goes *et al.*, 2020).

Ao abordarem interpretações específicas do currículo oficial, os livros didáticos refletem concepções curriculares, epistemológicas e pedagógicas que influenciam diretamente o ensino e a aprendizagem. Autores e editoras imprimem nesses materiais determinadas visões sobre o conhecimento científico e sobre as práticas pedagógicas consideradas adequadas, fazendo com que os livros didáticos atuem como mediadores curriculares ativos e direcionadores das abordagens adotadas nas escolas (Roseman; Stern; Koppal, 2010; Khaddoor Al-Amoush; Eilks, 2017).

Pesquisas na área de Ensino de Ciências apontam que limitações presentes nos livros didáticos, como o uso de linguagem inadequada e de representações visuais ambíguas ou pouco articuladas, podem comprometer a aprendizagem e favorecer a construção de concepções alternativas (Gkitzia; Salta; Tzougraki, 2011; Schmidt; Marohn; Harrison, 2007). Considerando que grande parte do contato dos estudantes com representações científicas ocorre por meio desses materiais, torna-se fundamental analisar criticamente como as imagens são mobilizadas, quais funções pedagógicas desempenham e de que forma se articulam aos textos e aos níveis representacionais envolvidos. Essas investigações contribuem para compreender como os conceitos químicos são apresentados aos estudantes e de que maneira os recursos visuais presentes nos livros didáticos podem favorecer ou limitar a construção de significados no processo de aprendizagem.

Metodologia

A pesquisa realizada apresenta caráter descritivo e adota uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa (Creswell, 2009). O estudo teve como objetivo analisar de que forma o conteúdo de ligações químicas é apresentado nos livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2021-2024, com ênfase nas representações utilizadas, nos textos a elas associados e nas relações estabelecidas entre esses elementos, considerando sua possível influência na compreensão conceitual e na emergência de dificuldades conceituais.

O PNLD 2021–2024 foi destinado aos livros didáticos do Ensino Médio. Na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias foram aprovadas sete coleções, cada uma composta

por seis volumes temáticos que integram conteúdos de Física, Biologia e Química. Cada volume corresponde a uma obra independente dentro da coleção. No presente estudo foram analisadas as sete coleções aprovadas no programa, sendo examinados os volumes nos quais o conteúdo de ligações químicas é abordado. Essa organização demandou uma leitura cuidadosa dos sumários e dos capítulos para a identificação dos trechos nos quais o conteúdo de ligações químicas é abordado, justificando a estratégia metodológica adotada neste estudo.

Para alcançar os objetivos propostos, a pesquisa foi desenvolvida em três etapas principais: (i) identificação e seleção dos capítulos e seções que abordam o conteúdo de ligações químicas; (ii) análise geral do conteúdo desses trechos; e (iii) análise sistemática das representações visuais com base em categorias previamente definidas.

Na primeira etapa, realizou-se a leitura dos sumários de todas as obras aprovadas no PNLD 2021–2024, com o intuito de compreender a organização e a distribuição dos conteúdos nos livros didáticos. A partir dessa leitura, foram identificados e selecionados os capítulos e seções cujo tema central ou conteúdo mobilizado se relacionava às ligações químicas, os quais constituíram o corpus de análise do estudo. Na segunda etapa, os trechos selecionados foram submetidos a uma leitura geral, visando identificar os tipos de ligações químicas abordados e a forma como o conteúdo era desenvolvido ao longo do texto. Essa etapa permitiu uma visão global da abordagem adotada em cada obra, servindo de base para a análise das representações visuais. Na terceira etapa, foram identificadas todas as representações presentes nos trechos analisados, incluindo imagens, gráficos e tabelas. Consideraram-se apenas as representações com função de apresentação ou explicação do conteúdo, sendo excluídas aquelas utilizadas exclusivamente em exercícios.

No total, foram analisados 8 capítulos distribuídos nas sete coleções aprovadas no PNLD 2021–2024, com extensão variando entre 5 e 28 páginas, totalizando 122 páginas examinadas. A variação na extensão dos capítulos reflete as diferentes formas de organização do conteúdo nas obras, característica associada à estrutura modular e interdisciplinar adotada por esse edital do PNLD.

As representações identificadas nos capítulos analisados foram examinadas a partir de seis categorias analíticas, adaptadas de referenciais consolidados na literatura. Essas categorias buscam compreender diferentes dimensões das representações presentes nos livros didáticos, incluindo seus níveis representacionais, sua relação com o texto, suas funções pedagógicas e sua orientação curricular (Quadro 1).

A categoria Níveis de representação foi utilizada para identificar os níveis representacionais mobilizados nas imagens analisadas, considerando o modelo proposto por Gkitzia; Salta; Tzougraki (2011). As representações foram classificadas como macroscópicas quando apresentavam fenômenos observáveis ou aspectos realistas; submicroscópicas quando ilustravam entidades ou processos em nível atômico ou molecular; e simbólicas quando utilizavam símbolos, fórmulas ou outros códigos próprios da linguagem química. Também foram consideradas combinações entre dois ou mais níveis representacionais, como macroscópico e submicroscópico, macroscópico e simbólico, submicroscópico e simbólico, ou ainda a presença simultânea dos três níveis.

A categoria Relação entre níveis de representação foi empregada quando as imagens apresentavam mais de um nível representacional. Nesses casos, analisou-se o grau de conexão entre os níveis presentes, classificando-se as representações como totalmente conexas quando as relações entre os níveis eram explicitamente indicadas, parcialmente conexas quando apenas algumas relações eram evidenciadas, e não conexas quando os níveis apareciam sem indicação clara de relação entre si (adaptado de Gkitzia; Salta; Tzougraki, 2011).

A categoria Relação com o texto buscou avaliar o grau de correspondência entre a representação visual e o conteúdo textual associado. As imagens foram classificadas como totalmente relacionadas quando representavam diretamente o conteúdo descrito no texto, parcialmente relacionadas quando abordavam um tema semelhante, mas não exatamente o mesmo conteúdo, e não relacionadas quando a imagem não apresentava relação clara com o texto ou quando o texto não estabelecia correspondência explícita com a representação (adaptado de Gkitzia; Salta; Tzougraki, 2011).

Quadro 1 – Categorias analíticas utilizadas na análise das representações visuais

Categoria	Subcategoria	Referencial
Níveis de Representação	Macroscópico	Gkitzia; Salta; Tzougraki (2011)
	Submicroscópico	
	Simbólico	
	Macroscópico e submicroscópico	
	Macroscópico e simbólico	
	Submicroscópico e simbólico	
	Macroscópico, submicroscópico e simbólico	
Relação entre níveis de representação	Totalmente conexas	Adaptada de Gkitzia; Salta; Tzougraki (2011)
	Parcialmente conexas	
	Não conexas	
Relação com o texto	Totalmente relacionadas	Adaptada de Gkitzia; Salta; Tzougraki (2011)
	Parcialmente relacionadas	
	Não relacionadas	
Função da imagem	Decorativa	Adaptada de Carney e Levin (2002)
	Organizacional	
	Interpretacional	
Orientação curricular	Estrutura da disciplina	Eilks <i>et al.</i> (2013)
	História da Ciência	
	Cotidiano	
	Ambiental	
	Indústria e tecnologia	
	Problema sociocientífico	
Uso da legenda	Coerente	Adaptada de Gkitzia; Salta; Tzougraki (2011)
	Problemática	
	Inexistente	

Fonte: Elaboração dos autores.

A categoria Função da imagem foi utilizada para identificar o papel pedagógico desempenhado pelas representações no contexto do material didático. As imagens foram classificadas como decorativas quando não contribuíam diretamente para a compreensão do conteúdo, organizacionais quando auxiliavam na organização ou síntese das informações apresentadas, e interpretacionais quando desempenhavam papel central na explicação ou compreensão de conceitos químicos (adaptado de Carney e Levin, 2002).

A categoria Orientação curricular permitiu identificar a perspectiva curricular associada às representações analisadas. Para isso, consideraram-se as seguintes subcategorias: estrutura da disciplina, quando a imagem estava associada à apresentação conceitual tradicional da química; história da ciência, quando se relacionava a aspectos históricos do desenvolvimento do conhecimento científico; cotidiano, quando estabelecia conexões com situações do dia a dia; ambiental, quando abordava questões ambientais; indústria e tecnologia, quando relacionada a aplicações tecnológicas ou industriais; e problema sociocientífico, quando envolvia discussões de natureza social, científica e tecnológica (Eilks *et al.*, 2013).

Por fim, a categoria Uso da legenda foi empregada para analisar a adequação das legendas associadas às representações. As legendas foram classificadas como coerentes quando apresentavam correspondência adequada com a imagem e contribuíam para sua compreensão, problemáticas quando continham ambiguidades ou informações potencialmente confusas, e inexistentes quando a imagem não era acompanhada de legenda (adaptado de Gkitzia; Salta; Tzougraki, 2011).

Resultados

A análise das coleções aprovadas no PNLD 2021–2024 permitiu identificar os capítulos nos quais o conteúdo de ligações químicas é desenvolvido. O Quadro 2 apresenta a localização desses capítulos nas obras analisadas, bem como sua extensão em número de páginas.

Quadro 2 – Obras analisadas e capítulos relacionados ao conteúdo de ligações químicas

Editora	Coleção	Obra	Título do Capítulo	Total de páginas
Moderna	Conexões	Matéria e Energia. (Thompson <i>et al.</i> , 2020)	O mundo que nos cerca: do que a matéria é feita	28
	Diálogo	Vida na terra: como é possível? (Moderna, 2020)	A união dos átomos	8
	Lopes e Rosso	Evolução e Universo. (Lopes e Rosso, 2020)	A química da vida	13
			Metais e seus minérios	11
	Moderna Plus	O conhecimento científico. (Amabis <i>et al.</i> , 2020)	Ligações químicas interatômicas	10
Scipione	Matéria, Energia e Vida	Materiais e energia: transformações e conservação. (Mortimer <i>et al.</i> , 2020)	Ligações químicas e interações entre átomos	27
FTD	Multiversos	Matéria, energia e a vida. (Godoy; Dell Agnolo; Melo, 2020)	Ligações químicas	5
SM Educação	Ser Protagonista	Composição e estrutura dos corpos. (Fukui <i>et al.</i> , 2020)	Ligações químicas	20

Fonte: Elaboração dos autores.

A análise da organização das obras evidenciou que a estrutura modular e interdisciplinar adotada no PNLD 2021–2024 altera a forma de apresentação dos conteúdos. Diferentemente da organização tradicional, em que o livro didático é visto como essencialmente sequencial, no qual um assunto depende do outro, o novo modelo distribui os conceitos em módulos temáticos. Nesse contexto, a identificação de conceitos específicos da Química, como as ligações químicas, requer a consulta a diferentes volumes e seções das obras. Esse processo foi descrito por Rodrigues e Dantas (2024) como “garimpo conceitual”, no qual professores e estudantes precisam percorrer diferentes partes do material para localizar e articular conteúdos relacionados. Embora essa organização tenha como objetivo favorecer a contextualização e a integração curricular, os efeitos observados tendem a comprometer o planejamento docente, a continuidade conceitual e a compreensão dos conteúdos, podendo inclusive reduzir o uso efetivo dos livros didáticos.

Na segunda etapa da análise, realizou-se a leitura geral dos capítulos previamente selecionados, sendo mantidos apenas aqueles em que as ligações químicas constituíam o tema central. A partir dos capítulos identificados no Quadro 2, procedeu-se à análise de sua extensão e da forma como o conteúdo de ligações químicas é desenvolvido ao longo das obras. Todas as coleções analisadas apresentam ao menos um capítulo dedicado às ligações químicas.

Observou-se ainda que, em muitas obras, uma parcela considerável dessas páginas é ocupada por exercícios e textos de contextualização, entendidos aqui como seções destinadas a relacionar o conteúdo químico com situações do cotidiano, aplicações tecnológicas, questões ambientais ou aspectos históricos da ciência. Embora a contextualização seja o critério mais citado por professores para a escolha de um livro (Maia *et al.*, 2011), os resultados mostram que ela muitas vezes ocupa o espaço destinado ao desenvolvimento conceitual das ligações químicas. Este achado dialoga com as pesquisas de Rodrigues *et al.* (2022), que demonstram uma hegemonia da "Química Aplicada" (focada em utilitarismos e cotidiano) em 63% das abordagens, em detrimento de uma perspectiva Crítico-Reflexiva.

Um ponto importante a ser ressaltado é o fato de que a coleção Conexões (Thompson *et al.*, 2020) é a única das obras analisadas que não aborda as ligações metálicas. Essa ausência pode representar um desafio para a aprendizagem, considerando que a ligação metálica é reconhecida como um dos conteúdos de maior complexidade conceitual, frequentemente associado a dificuldades e erros conceituais por parte dos estudantes (Taber, Coll, 2002). A ausência desse conteúdo no livro didático transfere integralmente ao professor a responsabilidade por sua abordagem, o que pode ampliar o risco de lacunas conceituais.

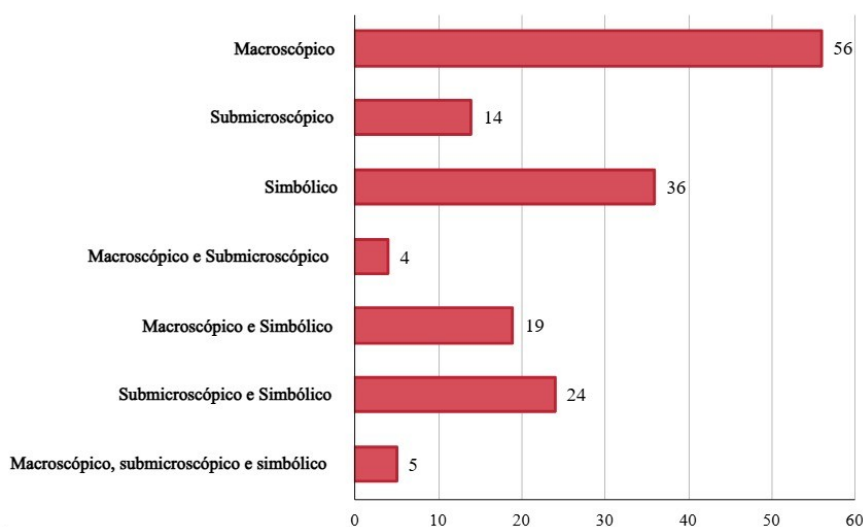
Em contraste, a coleção de Lopes e Rosso (2020) destaca-se por ser a única a apresentar mais de um capítulo dedicado às ligações químicas, incluindo um capítulo exclusivo para as ligações metálicas. Essa organização pode favorecer uma abordagem mais aprofundada e articulada desse conteúdo, aspecto particularmente relevante para temas que demandam maior abstração e modelagem conceitual (Taber; Coll, 2002).

A partir dos capítulos selecionados (Quadro 2), todas as representações visuais foram identificadas e analisadas, incluindo imagens, gráficos e tabelas, sendo consideradas apenas aquelas com função de apresentação ou explicação do conteúdo. A análise dessas representações foi organizada nas seis categorias, que são discutidas a seguir nas subseções correspondentes.

Níveis de representação

A análise dos níveis representacionais identificou um total de 158 representações nos capítulos analisados, das quais 67% abordam apenas um nível representacional, enquanto 33% mesclam dois ou mais níveis (Figura 1). Entre as representações de nível único, observou-se predominância do nível macroscópico (56%), seguido do simbólico (36%). Resultados semelhantes têm sido reportados em estudos que analisam representações em livros didáticos de Química, indicando que imagens associadas ao nível macroscópico e simbólico tendem a aparecer com maior frequência do que representações submicroscópicas (Chen *et al.*, 2019; Goes *et al.*, 2020; Rezende; Silva, 2022).

Figura 1 – Distribuição dos níveis de representação.



Fonte: Elaboração dos autores

Essa predominância dos níveis macroscópico e simbólico está alinhada ao que Johnstone (2000) descreve como uma abordagem centrada em apenas dois vértices do triângulo representacional. Embora esses níveis sejam importantes no ensino de Química, sua predominância em detrimento do nível submicroscópico pode limitar a compreensão de explicações mais elaboradas sobre os processos responsáveis pelos fenômenos observados (Gabel, 1999).

A baixa presença de representações submicroscópicas, por sua vez, pode favorecer o surgimento de erros conceituais, uma vez que é nesse nível que se compreendem as interações e processos fundamentais à explicação dos fenômenos químicos. Além disso, por exigir maior abstração, a limitada presença desse nível nos livros didáticos pode comprometer o desenvolvimento dessa habilidade pelos estudantes, conforme apontado por Wartha e Rezende (2011) e Souza e Porto (2012). Entre as representações que mesclam níveis, observou-se maior ênfase na combinação com o nível simbólico, especialmente entre os níveis submicroscópico e simbólico (46%) e entre os níveis macroscópico e simbólico (36%). Esse tipo de abordagem pode gerar efeitos positivos na aprendizagem, na medida em que pode contribuir para a construção de modelos de ensino e a articulação entre diferentes formas de representação (Milagres; Justi, 2001).

As combinações entre os níveis macroscópico e submicroscópico, bem como aquelas que integram os três níveis representacionais, totalizam apenas 17% das representações analisadas. Essa baixa frequência pode representar um obstáculo à aprendizagem, pois reduz as oportunidades de o estudante relacionar observações do mundo real com os processos que ocorrem em nível submicroscópico, habilidade central para a aprendizagem em Química (Silva; Braibante; Pazinato, 2013).

Relação entre níveis de representação

A relação entre os níveis de representação foi a segunda categoria analisada, sendo considerada apenas nas representações que mobilizam dois ou mais níveis, totalizando 52 casos. Dentre essas, aproximadamente 83% foram classificadas como suficientemente conexas, indicando a presença de algum tipo de articulação entre os níveis representacionais mobilizados.

A presença de representações visualmente articuladas pode contribuir para a compreensão dos conceitos químicos, uma vez que a articulação entre diferentes níveis representacionais é considerada um elemento central para o desenvolvimento do pensamento

químico (Johnstone, 2000). Representações que explicitam relações entre níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico podem favorecer a construção de significados e auxiliar os estudantes na interpretação de fenômenos químicos (Silva; Braibante; Pazinato, 2013).

Observa-se que a presença de representações suficientemente articuladas entre diferentes níveis representacionais não é necessariamente predominante em todos os contextos. Em uma investigação sobre livros didáticos chineses voltados ao ensino de reações de oxirredução, Chen *et al.*, (2019) identificaram que, embora muitas representações combinem diferentes níveis, especialmente a combinação macro-simbólica, nem sempre as relações entre esses níveis são explicitadas de forma clara. Em alguns casos, as representações aparecem justapostas, sem explicitar as correspondências entre os níveis representacionais.

De forma semelhante, Goes *et al.*, (2020), ao analisar representações associadas ao conteúdo de reações de oxirredução em livros brasileiros aprovados no PNLD 2018, observaram que apenas uma parcela das representações que combinavam dois ou mais níveis apresentava articulações suficientemente explícitas entre os níveis representacionais. Nesse estudo, mais de 50% das representações múltiplas apresentavam correlação insuficiente entre os níveis, e cerca de 30% não indicavam qualquer relação entre eles.

Scalco, Cordeiro e Kiill (2015), ao investigaram a interpretação de representações visuais relacionadas à ligação iônica por estudantes do ensino médio, observaram que a maioria dos alunos permaneceu em níveis interpretativos iniciais, caracterizados pela identificação de elementos visuais ou de constituintes químicos, sem alcançar generalizações conceituais mais elaboradas. Esses achados reforçam a importância de representações que explicitem as relações entre os diferentes níveis representacionais, favorecendo a construção de explicações químicas mais consistentes.

A parcela restante das representações analisadas (17%) apresentou articulações insuficientes ou inexistentes entre os níveis representacionais. Embora não configure um problema predominante, essas ocorrências demandam maior mediação docente, especialmente nos casos classificados como não conexos, nos quais a ausência de explicitação das relações entre os níveis pode dificultar a interpretação das representações presentes nos livros didáticos.

Relação com o texto

A análise da relação entre representações e texto indicou que 59% das imagens estavam totalmente relacionadas ao conteúdo textual, 35% parcialmente relacionadas e 6% não relacionadas. Esses resultados sugerem uma articulação relativamente satisfatória entre texto e

representação nos capítulos analisados, indicando que, na maior parte dos casos, as imagens aparecem associadas às explicações conceituais presentes no texto.

A relação entre imagens e texto constitui um aspecto fundamental no uso pedagógico das imagens em livros didáticos, uma vez que representações visuais raramente expressam, de forma isolada, o significado conceitual pretendido (Carney; Levin, 2002; Dimopoulos; Koulaidis; Sklaveniti, 2003; Tan *et al.*, 2009). Quando imagens aparecem desvinculadas do texto ou sem explicações que orientem sua interpretação, podem gerar interpretações ambíguas ou dificultar a compreensão do conteúdo científico pelos estudantes.

A boa articulação entre texto e imagem pode minimizar dificuldades de compreensão ao fornecer explicações que complementam os elementos visuais. No entanto, essa articulação, embora necessária, não é suficiente para garantir a aprendizagem, especialmente quando as representações mobilizam apenas um nível representacional ou não promovem transições entre níveis, o que pode comprometer a compreensão integral das ligações químicas (Carney; Levin, 2002; Dimopoulos; Koulaidis; Sklaveniti, 2003; Tan *et al.*, 2009).

A articulação entre texto e representação nem sempre ocorre de forma explícita. Em algumas investigações, observa-se que uma parcela das imagens aparece apenas parcialmente relacionada ao conteúdo textual ou mesmo sem relação direta com o tema abordado, o que pode limitar seu potencial explicativo (Gkitzia; Salta; Tzougraki, 2011; Chen *et al.*, 2019). Em comparação com esses estudos, os resultados encontrados nesta pesquisa indicam uma maior presença de representações diretamente associadas ao texto, sugerindo um esforço dos autores dos livros em integrar elementos visuais às explicações conceituais.

Função da imagem

A análise da função das representações indicou que 38% das imagens foram classificadas como decorativas, 34% como organizacionais e 28% como representacionais. As imagens decorativas cumprem predominantemente uma função estética ou de atração visual, sem contribuir diretamente para a explicação dos conceitos científicos, o que pode limitar seu potencial pedagógico (Carney; Levin, 2002).

Ao comparar esses resultados com estudos anteriores sobre representações em livros didáticos de Química, observa-se uma diferença relevante. Goes *et al.* (2020) identificaram que mais de 55% das imagens desempenhavam função predominantemente decorativa. Embora esse estudo tenha analisado representações associadas ao conteúdo de reações de oxirredução, os resultados permitem observar tendências mais gerais no uso de imagens em livros didáticos de

Química. Em contraste, no presente estudo, essa proporção foi de 38%, indicando uma menor presença de imagens com função exclusivamente estética.

Essa diferença pode sugerir mudanças na forma como as representações visuais têm sido incorporadas nos livros didáticos mais recentes, com maior presença de imagens que desempenham funções organizacionais ou representacionais. As representações classificadas nessas duas categorias somam aproximadamente 62% do total analisado, indicando que uma parcela expressiva das imagens contribui para a organização das informações ou para a explicitação de relações conceituais.

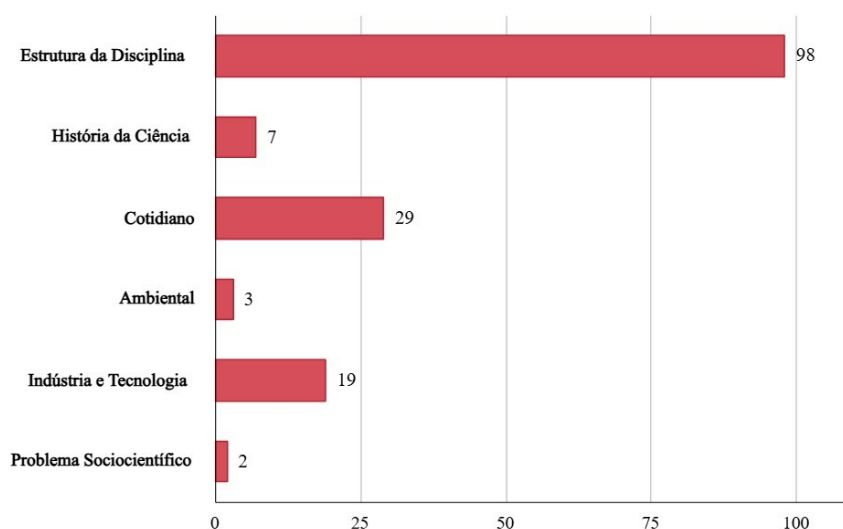
Ainda assim, a presença expressiva de imagens decorativas reforça a necessidade de analisar criticamente o papel das representações visuais nos livros didáticos, uma vez que a simples presença de imagens não garante sua contribuição para a interpretação dos conceitos químicos (Carney; Levin, 2002).

Orientação curricular

A análise da orientação curricular revelou que 62% das representações estão associadas à estrutura da disciplina, seguidas por aquelas relacionadas ao cotidiano (18%) e à indústria e tecnologia (12%) (Figura 2). Esse resultado indica uma predominância de representações voltadas à apresentação de conceitos e explicações científicas próprias da disciplina, característica frequentemente observada em livros didáticos de Química.

Chen *et al.* (2019) observaram que a maioria das representações segue uma orientação centrada na estrutura da disciplina, priorizando a apresentação de conceitos e explicações científicas. De modo semelhante, Goes *et al.* (2020), também identificaram que cerca de metade das ilustrações estava relacionada à apresentação de teorias ou fatos científicos. Essa predominância da orientação disciplinar também foi discutida por Izquierdo e Gouvea (2008), que apontam que imagens em livros didáticos frequentemente apresentam a ciência a partir de um ponto de vista teórico sobre o mundo cotidiano, priorizando explicações conceituais em detrimento de abordagens mais contextualizadas.

Figura 2 – Distribuição da orientação curricular.



Fonte: Elaboração do(s) autor(es).

Por outro lado, as representações relacionadas ao cotidiano e à indústria e tecnologia observadas neste estudo estão alinhadas às diretrizes do PNLD, que incentivam a contextualização do ensino e a aproximação entre o conhecimento científico e situações do mundo real. No entanto, observa-se uma tensão entre a intenção curricular e a efetiva exploração pedagógica dessas representações, uma vez que muitas delas permanecem restritas ao nível macroscópico e exercem função predominantemente decorativa, o que pode limitar sua contribuição para a construção de significados conceituais (Eilks *et al.*, 2013).

As orientações relacionadas à história da química, ao meio ambiente e aos problemas sociocientíficos correspondem a aproximadamente 8% das representações analisadas. Considerando as discussões contemporâneas sobre o ensino de Ciências e as diretrizes curriculares que incentivam abordagens contextualizadas e socialmente relevantes, essas abordagens poderiam estar mais presentes nos materiais didáticos, uma vez que contribuem para ampliar a compreensão do papel da Química em diferentes contextos sociais e tecnológicos.

Uso da legenda

A análise do uso da legenda indicou que 59% das representações apresentam legendas problemáticas, 23% legendas coerentes e 18% não apresentam legenda. A legenda constitui elemento fundamental para a compreensão das representações, pois fornece contexto e orienta sua interpretação (Gkitzia; Salta; Tzougraki, 2011).

A elevada incidência de legendas problemáticas compromete a função pedagógica das representações, especialmente quando estas apresentam textos extensos que substituem o texto principal ou não contextualizam adequadamente a imagem. As representações sem legenda apresentam impacto ainda mais negativo, pois, na ausência de articulação clara com o texto, tendem a ser ignoradas pelos estudantes, reforçando dificuldades de compreensão e limitando o potencial dos livros didáticos como mediadores do conhecimento científico.

Considerados em conjunto, os resultados indicam que as representações visuais presentes nos capítulos analisados apresentam características semelhantes às observadas em estudos nacionais e internacionais sobre livros didáticos de Química. Assim como apontado por Chen *et al.* (2019) e Goes *et al.* (2020), observa-se predominância de representações associadas à estrutura da disciplina e maior frequência de imagens nos níveis macroscópico e simbólico. Ao mesmo tempo, verificou-se que um percentual relevante das representações mobiliza múltiplos níveis representacionais e estabelece articulações explícitas entre eles, aspecto considerado relevante para a interpretação dos conceitos químicos. Entretanto, a presença ainda expressiva de imagens decorativas e a limitada exploração de perspectivas contextualizadas, como história da ciência, questões ambientais e problemas sociocientíficos, indicam que o potencial pedagógico das representações visuais nos livros didáticos ainda pode ser ampliado.

Conclusões

Este estudo teve como objetivo analisar como o conteúdo de ligações químicas é apresentado em livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2021–2024, com ênfase nas representações visuais, nos textos a elas associados e nas relações estabelecidas entre esses elementos. A análise evidenciou que os livros didáticos apresentam características que podem influenciar o processo de ensino-aprendizagem tanto de forma positiva quanto limitadora.

Um dos aspectos identificados refere-se ao tratamento superficial do conteúdo de ligações químicas, frequentemente apresentado de forma fragmentada e com reduzido aprofundamento conceitual. Embora a extensão dos capítulos varie entre as obras, observou-se que capítulos mais longos nem sempre favorecem a compreensão conceitual, uma vez que priorizam exercícios e textos de contextualização em detrimento da explicitação dos modelos envolvidos. Em contraste, capítulos mais concisos e organizados tendem a favorecer maior continuidade conceitual e clareza na apresentação do conteúdo.

No que diz respeito às representações visuais, verificou-se que, embora algumas cumpram adequadamente seu papel pedagógico, uma quantidade elevada apresenta função predominantemente decorativa ou mobiliza apenas um nível representacional, especialmente os níveis macroscópico e simbólico. A baixa presença de representações que integrem explicitamente os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico, aliada às fragilidades observadas na articulação entre imagem, texto e legenda, configura um conjunto de fatores que pode favorecer dificuldades conceituais no ensino das ligações químicas.

Além disso, a organização modular e interdisciplinar adotada no PNLD 2021–2024, embora alinhada às diretrizes da BNCC, tende a fragmentar conteúdos específicos da Química e a dificultar sua localização e articulação conceitual. Esse cenário pode demandar do professor um esforço adicional de seleção, reorganização e mediação dos conteúdos, nem sempre favorecendo a continuidade conceitual e a efetividade do processo de ensino-aprendizagem.

Por fim, os resultados apontam para a necessidade de aprofundar as discussões sobre o papel das representações visuais nos livros didáticos de Química, especialmente no que se refere à articulação entre níveis representacionais, à função pedagógica das imagens e à adequação das legendas. Como implicações para pesquisas futuras, sugere-se a ampliação das análises para outros conteúdos estruturantes da Química, bem como investigações que considerem o uso desses materiais em sala de aula, articulando a análise dos livros didáticos às práticas docentes e aos processos de aprendizagem dos estudantes.

Agradecimentos e apoios

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2024/22915-5.

Referências

AMABIS, José Mariano; MARTHO Gilberto Rodrigues; FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo Cesar Martins; TORRES, Carlos Magno A.; SOARES, Júlio; CANTO, Eduardo Leite do; LEITE, Laura Celloto Canto. **Moderna Plus: O conhecimento científico**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020

ARNAUD, Anike; FERNANDEZ, Carmen. Dificuldades de Aprendizagem de Oxirredução e a Abordagem do Conteúdo em Livros Didáticos da Educação Básica Brasileira. **Revista Debates em Ensino de Química**, Recife, v. 10, n. 1, p. 280–302, 2024. DOI: <https://doi.org/10.53003/redequim.v10i1.5788>. Acesso em: 24 jan. 2026.

BRASIL. **Programa Nacional do Livro Didático**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2009. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico>. Acesso em: 21 jan. 2026.

BRASIL. **Ministério da Educação**. *Base Nacional Comum Curricular: ensino médio*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 08 mar. 2026.

BRASIL. **Ministério da Educação**. **Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE)**. *Edital de convocação nº 02/2024 – Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2026 – Ensino Médio*. Brasília: MEC/FNDE, 2024. Disponível: https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/consultas-editais/editais/edital-pnld-ensino-medio-2026-2029-1/Edital_Consolidado_Ensino_Medio_2026_2029_1ret.pdf. Acesso em: 08 mar. 2026.

CARNEY, Russell N.; LEVIN, Joel R. Pictorial illustrations still improve students' learning from text. **Educational Psychology Review**, Dordrecht, v. 14, n. 1, p. 5–26, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013176309260>. Acesso em: 26 jan. 2026.

CHEN, Xiao; GOES, Luciane Fernandes; TREAGUST, David; EILKS, Ingo. An analysis of the visual representation of redox reactions in secondary chemistry textbooks from different Chinese communities. **Education Sciences**, v. 9, n. 1, p. 1-16, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci9010042>. Acesso em: 10 mar. 2026.

CRESWELL, John W. **Research design**: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. 3. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2009.

DEVETAK, Iztok; VOGRINC, Janez. The criteria for evaluating the quality of the science textbooks. In: **Critical Analysis of Science Textbooks: Evaluating Instructional Effectiveness**, Dordrecht, Springer, 2013. p. 3–15. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-4168-3_1. Acesso em: 26 jan. 2026.

DIMOPOULOS, Kostas., KOULAUDIS, Vasilis., SKLAVENITI, Spyridoula. Towards an analysis of visual images in school science textbooks and press articles about science and technology. **Research in Science Education**, n.33, p.189-216, 2003.

EILKS, Ingo; RAUCH, Franz; RALLE, Bernd; HOFSTEIN, Avi. How to allocate the chemistry curriculum between science and society. In: EILKS, Ingo; HOFSTEIN, Avi (org.). **Teaching chemistry: a studybook**. Rotterdam: Sense Publishers, 2013. p. 1-36.

FUKUI, Ana; NERY, Ana Luiza P.; CARVALHO, Elisa Garcia; AGUILAR, João Batista; LIEGEL, Rodrigo Marchiori; AOKI, Vera Lucia Mitiko. **Ser Protagonista**: Composição e estrutura dos corpos. 1. ed. São Paulo: SM, 2020.

GABEL, Dorothy. Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 4, p. 548–554, 1 abr. 1999. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed076p548>. Acesso em: 27 jan. 2026.

GILBERT, John K. On the nature of “context” in chemical education. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 9, p. 957–976, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>. Acesso em: 10 mar. 2026.

GKITZIA, Vasiliki; SALTA, Katerina; TZOUGRAKI, Chryssa. Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 12, n. 1, p. 5–14, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1039/C1RP90003J>. Acesso em: 21 jan. 2026.

GODOY, Leandro; AGNOLO, Rosana Maria Dell'; MELO, Wolney C. **Multiversos: Matéria, energia e a vida**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2020.

GOES, Luciane Fernandes de; CHEN, Xiaoge; NOGUEIRA, Keysy Solange Costa; FERNANDEZ, Carmen; EILKS, Ingo. An analysis of the visual representation of redox reactions and related content in Brazilian secondary school chemistry textbooks. **Science Education International**, Manisa, v. 31, n. 3, p. 313–324, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i3.10>. Acesso em: 23 jan. 2026.

HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F. Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. **Science Education**, v.84, p.352-381. 2000 DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<352::AID-SCE3>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<352::AID-SCE3>3.0.CO;2-J). Acesso em: 28 jan. 2026.

HURST, Michael O. How we teach molecular structure to freshmen. **Journal of Chemical Education**, Washington, v. 79, n. 6, p. 763–764, 1 jun. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed079p763>. Acesso em: 24 jan. 2026.

IZQUIERDO, Mercè; GOUVEA, Guaracira. A proposal for textbooks analysis: rhetorical structures. **Science Education International**, v. 19, n. 2, p. 209-218, 2008. Disponível em: https://www.icasonline.net/sei/june2008/19-2-june-2008-209_218.pdf. Acesso em: 11 mar. 2026.

JOHNSTONE, Alex H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Science Education**, Hoboken, v. 75, n. 6, p. 649–672, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>. Acesso em: 20 jan. 2026

JOHNSTONE, Alex H. Teaching of chemistry – logical or psychological? **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 1, n. 1, p. 9–15, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1039/A9RP90001B>. Acesso em: 20 jan. 2026.

KHADDOR, Rouba; AL-AMOUSHA, Sihan; EILKS, Ingo. A comparative analysis of the intended curriculum and its presentation in 10th grade chemistry textbooks from seven Arabic countries. **Chemistry Education Research and Practice**, Cambridge, v. 18, n. 4, p. 627–642, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1039/C6RP00186F>. Acesso em: 23 jan. 2026.

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio. **Lopes & Rosso: Evolução e Universo**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

MAIA, Juliana de Oliveira; SÁ, Luciana Passos; MASSENA, Elisa Prestes; WARTHA, Edson José. O livro didático de química nas concepções de professores do ensino médio da

região sul da Bahia. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 2, maio 2011. Disponível em: https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_2/07-PE7110.pdf. Acesso em: 16 mar. 2026.

MILAGRES, Vânia S.O.; JUSTI, Rosária S. Modelos de ensino de equilíbrio químico – algumas considerações sobre o que se tem aprendido em livro didático no ensino médio. **Química Nova na Escola**, n. 13, p. 41-46. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc13/v13a09.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2026

MODERNA (São Paulo). **Diálogo: Vida na Terra: como é possível?** 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

MORTIMER, Eduardo; HORTA, Andréa; MATEUS, Alfredo; PANZERA, Arjuna; GARCIA, Esdras; PIMENTA, Marcos; MUNFORD, Danusa; FRANCO, Luiz; MATOS, Santer. **Matéria, Energia e Vida: Materiais e energia: transformações e conservação**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2020.

PINTÓ, Roser; AMETLLER, Jaume. Students' difficulties in reading images: comparing results from four national research groups. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 3, p. 333-341, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690110078932>. Acesso em: 08 mar. 2026.

REZENDE, Bruna de Paula; SILVA, Ana Carolina Araújo da. Análise das representações em experimentos químicos de livros didáticos. **Educação em Foco**, v. 27, n. 1, e27010, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34019/2447-5246.2022.v27.36573>. Acesso em: 08 mar. 2026.

RODRIGUES, Ângela Daiane de Lima; DANTAS, Josivânia Marisa. A reforma do ensino médio em consonância com as mudanças do PNLD: a desarticulação de conceitos científicos na disciplina de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 24, e52124, p. 1–29, set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2024u10591087>. Acesso em: 29 jan. 2026.

RODRIGUES, Tavane da S.; SILVA, Fernanda Karolaine D. da; PASTORIZA, Bruno dos S.; SANGIOGO, Fábio A.; SOARES, Alessandro C.; SILVA, Vitória S. da. O conceito de ligações químicas em livros didáticos. **Química Nova na Escola**, v. 44, n. 4, p. 428-438, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160324> Acesso em: 11 mar. 2026.

ROSEMAN, Jo Ellen; STERN, Luli; KOPPAL, Mary. A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 47, n. 1, p. 47–70, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20305>. Acesso em: 26 jan. 2026.

SCALCO, Karina Caixeta; CORDEIRO, Márcia Regina; KIILL, Keila Bossolani. Representações presentes nos livros didáticos: um estudo realizado para o conteúdo de ligação iônica a partir da semiótica peirceana. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 134-142, maio 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150031>. Acesso em: 08 mar. 2026.

SCHMIDT, Hans-Jürgen; MAROHN, Annette; HARRISON, Allan G. Factors that prevent learning in electrochemistry. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, p. 258–283, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20118>. Acesso em: 02 fev. 2026.

SILVA, Giovanna Stefanello; BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes; PAZINATO, Maurício Selvero. Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p. 159–182, 2013.

SOUZA, Karina. Ap. F. D.; PORTO, Paulo. Alves. Chemistry and Chemical Education Through Text and Image: Analysis of Twentieth Century Textbooks Used in Brazilian Context. **Science & Education**, v.21, p.705-727, 2012.

STERN, Luli; ROSEMAN, Jo Ellen. *Can middle-school science textbooks help students learn important ideas? Findings from Project 2061's curriculum evaluation study: Life science.* **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 41, n. 6, p. 538–568, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20019>. Acesso em: 25 jan. 2026.

TABER, Keith S. An alternative conceptual framework from chemistry education. **International Journal of Science Education**, Abingdon, v. 20, n. 5, p. 597–608, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069980200507>. Acesso em: 26 jan. 2026.

TABER, Keith S. The mismatch between assumed prior knowledge and the learners' conceptions: A typology of learning impediments. **Educational Studies**, v.27, n.2, p.159 – 171, 2001.

TABER, Keith S., COLL, R. “Bonding.” In **Chemical Education: Towards Research-Based Practice**, edited by J. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. Treagust and J. Van Driel, 213–234. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

TAN, Kim Chwee Daniel; GOH, Ngoh Khang; CHIA, Lee Siew; TREAGUST, David F. Linking the macroscopic, sub-microscopic and symbolic levels: the case of inorganic qualitative analysis. In: GILBERT, John K.; TREAGUST, David (org.). **Multiple representations in chemical education**. Dordrecht: Springer, 2009. (Models and modeling in science education, v. 4). DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_7

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo; SANT'ANNA, Blaidi; NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Murilo Tissoni. **Conexões: Matéria e energia**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

TREAGUST, David F.; CHITTLEBOROUGH, Gail; MAMIALA, Thapelo. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 11, p. 1353-1368, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/095006903200007030>. Acesso em: 08 mar. 2026.

VALANIDES, Nicos; NICOLAIDOU, Athanasia; EILKS, Ingo. Twelfth grade students' understanding of oxidation and combustion: using action research to improve teachers' practical knowledge and teaching practice. **Research in Science & Technological Education**, v. 21, n. 2, p. 159–175, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/0263514032000127211>. Acesso em: 04 fev. 2026.

VIDAL, Paulo Henrique Oliveira; PORTO, Paulo Alves. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 2, p. 291-

308, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000200004>. Acesso em: 08 mar. 2026.

VIEIRA, L. C.; FERRARO, D. S. e S. B. Plataformização e precarização da experiência de aprendizagem na educação básica. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 7, e16366, 2025. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n7-174>. Acesso em: 08 mar. 2026.

WARTHA, Edson José; REZENDE, Daisy de Brito. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.16, n.2, p.275-290, 2011.