

Analogias relacionadas ao conteúdo-conceitual quantidade de matéria em livros didáticos de Química do Ensino Médio

Analogies related to the content-conceptual amount of substance in high school Chemistry textbooks

Analogías relacionadas con el contenido-conceptual cantidad de materia en libros de texto de Química de secundaria

Recebido: 07/03/2022 | Revisado: 26/03/2022 | Aceito: 23/07/2022 | Publicado: 29/07/2022

Everton Koloche Mendes Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6371-3436>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: evertonkmb@gmail.com

Adriano Lopes Romero

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8369-501X>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: adrianoromero@utfpr.edu.br

Paula Cavalcante Monteiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5571-6792>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: paulamonteiro@utfpr.edu.br

Resumo

O raciocínio analógico tem sido amplamente utilizado para o desenvolvimento de conceitos científicos, principalmente no século XIX. No âmbito do ensino de Química, a linguagem analógica tem sido utilizada como um recurso para facilitar o ensino e aprendizagem de conceitos químicos abstratos. No entanto, a literatura especializada indica que o uso de analogias, caso não seja realizada de forma adequada, pode gerar obstáculos epistemológicos. Nesse contexto, o presente trabalho avaliou o uso de analogias utilizadas para abordar o conteúdo escolar *quantidade de matéria* em livros didáticos de Química publicados em diferentes períodos. A partir do estudo comparativo entre as obras, observamos avanços na qualidade das analogias utilizadas na explicação do conteúdo-conceitual *quantidade de matéria* e sua unidade, o *mol*. Os resultados evidenciaram que esse recurso de linguagem configura um ótimo instrumento para a construção do conhecimento, mas que, se empregado de maneira não sistematizada, as analogias podem causar distorções no entendimento dos conteúdos científicos. O estudo concede uma discussão de teor didático a partir da qual, docentes possam se instrumentalizar quanto ao uso adequado e à importância das relações analógicas no letramento científico.

Palavras-chave: Ensino de química; Livro didático; Linguagem analógica; Obstáculos epistemológicos.

Abstract

The analog reasoning has been widely used for the development of scientific concepts, especially in the 19th century. In the context of Chemistry teaching, analogical language has been used as a resource to ease the teaching and learning of abstract Chemistry concepts. However, the specialized literature indicates that the use of analogies, if not applied properly, can generate epistemological obstacles. In this context, the present work evaluated the use of analogies used to approach school content and the amount of substance in Chemistry textbooks published in different periods. From the comparative study between the works, we observed advances in the quality of the analogies used in the explanation of the content-conceptual amount of substance and its unit, the mole. The results showed that this language resource is a great instrument for the construction of knowledge, but also, if used in a non-systematized way, analogies can cause distortions in the understanding of scientific content. The study allows a discussion of didactic content from which professors can be instrumentalized regarding the proper use and importance of analogical relationships in scientific literacy.

Keywords: Chemistry teaching; Textbook; Analog language; Epistemological obstacles.

Resumen

El razonamiento analógico se ha utilizado ampliamente para desarrollar conceptos científicos, principalmente en el siglo XIX. En el ámbito de la enseñanza de la Química, el lenguaje analógico ha servido como recurso para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de conceptos químicos abstractos. Sin embargo, la literatura especializada indica que el uso de analogías, de no hacerse de forma adecuada, puede generar obstáculos epistemológicos. En este contexto, el

presente trabajo evaluó el uso de analogías utilizadas para abordar el contenido escolar *cantidad de materia* en libros de texto de Química publicados en diferentes períodos. A partir del estudio comparativo entre las obras, observamos avances en la calidad de las analogías utilizadas en la explicación del contenido conceptual *cantidad de materia* y su unidad, el *mol*. Los resultados mostraron que este recurso lingüístico es un gran instrumento para construir conocimiento, pero que, si se emplea de forma no sistematizada, las analogías pueden causar distorsiones en la comprensión de los contenidos científicos. El estudio brinda una discusión de contenido didáctico a partir de la cual los docentes pueden instrumentalizarse en lo que respecta al uso adecuado y a la importancia de las relaciones analógicas en el aprendizaje científico.

Palabras clave: Enseñanza de química; Libro de texto; Lenguaje analógico; Obstáculos epistemológicos.

1. Introdução

A indução por analogia, ou indução analógica, é um método de raciocínio que parte do conhecido ao desconhecido na natureza (Whelpley, 1848). Esse raciocínio foi amplamente utilizado no século XIX na Ciência, contribuindo para o desenvolvimento de vários conhecimentos científicos. No final do século XIX, Menezes (1888, p. 31), em um dos livros da coleção *Bibliotheca do Povo e das Escolas*, produzidos para os contextos português e brasileiro, apresentou as seguintes características acerca da analogia:

Analogia em geral é a similitude imperfeita entre dois ou mais objectos. Como meio de conhecer a verdade, pode definir-se: a operação pela qual attribuímos a um objecto não observado uma qualidade que observamos n'outro, por uma similitude que existe entre ambos. A analogia e a indução fundam-se ambas na similitude; mas na indução ha uma similitude perfeita, e as qualidades que attribuímos aos objectos são reconhecidas como proprias da sua natureza, ao passo que na analogia procedemos por uma similitude imperfeita, e as qualidades que attribuímos aos objectos não sabemos se são ou não accidentaes. Por isso [...] a analogia apenas nos dá o conhecimento approximado da verdade.

Nesse período histórico, a Química escolar, pautada em grande parte nas propriedades e características das substâncias químicas, abordava uma Química Inorgânica descritiva explorando o raciocínio analógico. A partir do século XX, com o desenvolvimento da teoria atômica, a Química escolar tem focado no entendimento das inúmeras relações analógicas observadas nos séculos anteriores, tal como o porquê dos elementos químicos lítio, sódio e potássio terem reatividades semelhantes.

Podemos perceber que o uso de relações analógicas sempre esteve presente, antes mesmo do século XIX, em nossas atividades no sentido de compreender e explicar fenômenos, situações e conceitos. Para além do mundo cotidiano, quando se trata do uso de analogias no ensino, pesquisadores divergem quanto aos limites e potencialidades de tal recurso (Thagard, 1992; Taber, 2001; Akçay, 2016). Do mesmo modo, também a definição de analogia não é um consenso entre estudiosos, podendo ser interpretada de formas variadas dentro do espectro das relações de comparações (Duit, 1991; Harrison & Treagust, 2006).

Outras críticas, advindas do campo da epistemologia, consideram esse assunto no Ensino de Ciências dentro de uma perspectiva mais ampla de análise do conhecimento. O excesso do uso de analogias nos livros didáticos, em grande parte de forma improvisada ou demasiadamente abstrata, pode trazer grandes prejuízos ao aprendizado dos estudantes, como o esmaecimento da compreensão entre senso comum e o conhecimento científico (Oppenheimer, 1956; Lenat et al., 1985). Nesse aspecto, o aprofundamento teórico a respeito é o melhor caminho para que a abordagem da linguagem analógica dê bons frutos em termos de aprendizagem (Lara, 2014).

O conhecimento científico ao ser tratado em sala de aula, deve ser traduzido em uma linguagem mais didática e expressiva que aquela linguagem técnica e rígida utilizada nas produções da comunidade científica. Nesse sentido, o uso das relações analógicas, por exemplo, é de grande importância pois, representa um recurso lingüístico que torna mais palatável aos

estudantes o conhecimento científico trabalhado em sala de aula (Nagem et al., 2001; Almeida & Lorencini Júnior, 2020). Entretanto, apesar dessa importância, Andrade, Zylbersztajn e Ferrari (2000) alertam que a linguagem analógica, assim como a metafórica, pode se configurar como obstáculo à construção do conhecimento quando desvinculada da preocupação se de fato a analogia utilizada na explicação de um conceito desconhecido traz contribuições na forma que é apresentada.

Nas últimas décadas alguns estudos se tornaram referências para outras pesquisas no que se refere à análise de analogias em livros didáticos. Dentre esses trabalhos pioneiros cabe destacar Curtis e Reigeluth (1984), Duit (1991), Harrison e Treagust (1993) e Thiele e Treagust (1995). Posteriormente, tais estudos abririam caminhos para outras pesquisas também expressivas na área, tais como Mól (1999), Monteiro e Justi (2000), Francisco Junior (2009) e Bernardino (2010).

De acordo com Mól (1999), a definição de analogia pode estar relacionada com outros termos como metáfora e modelo. Mas, para o autor, apesar desses termos se referirem a uma relação de comparação na linguagem, a analogia diferencia-se por comparar de forma explícita aspectos similares entre dois conceitos. Além do mais, as formas de comparação não incluem o exemplo, pois este é um caso particular do conceito que se pretende ensinar, ou seja, está subordinado ao conceito.

Para fins deste estudo, adotamos a definição de analogia segundo Mól (1999), para o qual a analogia é construída entre dois conceitos: o conceito domínio e o conceito alvo. O conceito domínio é aquele que, sendo já de conhecimento dos estudantes, servirá de referência para a explicação do conceito alvo. Este último, por sua vez, refere-se a aquilo que se pretende ensinar, ou seja, que ainda é desconhecido pelos estudantes. Sendo assim, para que esse recurso seja eficaz é necessário ter em mente que os estudantes devem conhecer o conceito domínio e que os conceitos compartilham características similares.

Partindo das discussões acima, este estudo tem como foco o uso de analogias em livros didáticos de Química do Ensino Médio e levanta a seguinte problemática: é possível identificar avanços no que diz respeito à qualidade das analogias utilizadas em explicações do conceito de *quantidade de matéria* em livros didáticos de Química?

Para responder a essa pergunta, realizamos um estudo comparativo entre livros didáticos de Química do Ensino Médio de diferentes épocas, com relação ao uso de analogias na explicação do conteúdo-conceitual *quantidade de matéria*. Com isso, pretende-se observar e comparar a qualidade e eficácia das analogias empregadas em livros didáticos de diferentes épocas, no que diz respeito à exposição do conceito de *quantidade de matéria*. Acreditamos que este estudo trará contribuições teóricas a respeito do assunto, uma vez que não foram encontrados trabalhos focados no uso de analogias na explicação do conceito de *quantidade de matéria* em livros didáticos de Química. Além do mais, esta consistirá em mais um instrumento para que professores tenham um olhar mais crítico sobre o uso de analogias na explicação do conceito de *quantidade de matéria*.

A investigação deste estudo terá como aporte teórico-metodológico os trabalhos de Mól (1999), Bernardino (2013), Francisco Junior (2009) e de Monteiro e Justi (2000), principalmente. Além do mais, as discussões lançadas também serão fundamentadas no estudo de Gaston Bachelard sobre obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996). A metodologia adotada foi a pesquisa qualitativa centrada na análise documental.

O referencial teórico utilizado está organizado em três seções: na primeira, abordamos a contribuição de Gaston Bachelard para o Ensino de Ciências, mais especificamente no que se refere ao seu tratado sobre o uso de analogias e metáforas na explicação de conteúdos científicos, bem como a noção de obstáculos epistemológicos. Na seção seguinte, abordamos brevemente a importância dos livros didáticos e apresentamos alguns trabalhos produzidos sobre a representação de analogias em livros didáticos de Química do Ensino Médio. Por fim, na terceira seção justificamos a escolha do conceito de *quantidade de matéria* como objeto a ser analisado nos livros didáticos.

Contribuições de Gaston Bachelard

A Epistemologia é o estudo crítico e aprofundado do conhecimento científico, podendo defini-la também como teoria

do conhecimento. Nesse âmbito, procura refletir sobre a gênese, o processo de construção e os aspectos da ciência propriamente dita em suas múltiplas dimensões (lógica, histórica, filosófica, linguística, sociológica e política). Dentre os estudiosos que se dedicaram a refletir sobre o conhecimento em si mesmo, é relevante lançarmos luz sobre o trabalho do filósofo, cientista, epistemólogo e poeta francês Gaston Bachelard (1884-1962). Por sua vez, a linha epistemológica de Bachelard é considerada do tipo histórica: a ciência é histórica, já que sua gênese, estrutura e evolução sofrem determinações do cenário histórico (Tesser, 1995).

O pensamento de Bachelard sobre o conhecimento científico deve ser compreendido, antes de tudo, em relação ao contexto histórico-filosófico de seu período. Com os impactos da Revolução Científica entre o final do século XIX e o início do século XX, a compreensão da realidade e da relação entre sujeito e objeto passam por profundas transformações. Essas repercussões se expressariam também nas interpretações sobre o saber científico com o levantamento de novas questões a serem respondidas pela epistemologia. É nessa conjuntura que Bachelard critica as filosofias vigentes, tais como a filosofia do imobilismo, o positivismo, a doutrina espiritualista e os pressupostos metafísicos e idealistas na ciência (Lima & Marinelli, 2011).

De acordo com Portela Filho (2010), a epistemologia bachelardiana tem implícito ao seu processo constitutivo o rompimento filosófico com o positivismo, corrente formulada pelo filósofo Augusto Comte (1798-1857). Dessa forma, para Bachelard, a ciência deve questionar a si mesma e refletir sobre as relações construídas historicamente entre ciência e sociedade. Sua epistemologia emerge, por conseguinte, como um produto de uma ciência crítica, intervencionista e que constrói conhecimento num processo histórico de rupturas e reformulações teóricas.

Em seu livro *A formação do espírito científico*, de 1938, Gaston Bachelard alertou sobre os perigos do uso equivocado de analogias e metáforas na construção do conhecimento científico. De acordo com o autor, o uso inapropriado dessas formas de linguagem impediria o processo de abstração necessário à formação do pensamento científico (Andrade; Zylbersztajn & Ferrari, 2000; Rodrigues et al., 2020). Antes de introduzir brevemente essa perspectiva de Bachelard e a fim de compreendê-la melhor, torna-se pertinente definir os conceitos de analogia e metáfora.

Silva (2008), em sua dissertação “A utilização das analogias e metáforas como recurso didático na compreensão do conteúdo de ligações químicas”, procurou estabelecer uma definição etimológica dos termos analogia e metáfora. Para a autora, em muitas ocasiões esses termos são confundidos e usados de forma indiscriminada, mas apresentam significados distintos. Analogia são comparações explícitas entre um objeto conhecido ou familiar, já de domínio do senso comum, e um objeto desconhecido (como por exemplo, o conhecimento científico que se deseja apresentar). O recurso analógico estabelece então uma relação de semelhança entre características de coisas diferentes, sendo que essa relação se dá de forma direta. A metáfora, por sua vez, é o uso de uma palavra ou expressão por outra sem terem, contudo, uma relação real. E desse uso depreende-se uma relação subentendida e subjetiva.

Bachelard cunhou o termo obstáculo epistemológico para alertar que a linguagem, especialmente a metafórica e a analógica, pode surgir com um empecilho para o conhecimento científico. Apesar de seus textos não serem voltados exclusivamente para a área de Ensino, o filósofo também introduziu a noção de obstáculo pedagógico para referir seu estudo ao ensino de Ciências (Andrade et al., 2000).

As principais categorias que fundariam barreiras à efetivação do espírito científico, descritas por Bachelard, são: a experiência primeira, o conhecimento geral, o conhecimento unitário e pragmático; além dos obstáculos animista, verbal, substancialista e realista (Bachelard, 1996).

A experiência primeira seria aquela “colocada antes e acima da crítica” (Bachelard, 1996, p. 29). É o conhecimento imediato e empírico, destituído de entendimento complexo da realidade e ligado às observações derivadas dos sentidos, principalmente as observações visuais. No ensino de Química, por exemplo, a experiência primeira vem atrelada ao pitoresco e

ao espetacular, podendo distrair o observador do saber químico fundamental. O conhecimento geral, por sua vez, é o conhecimento vago e generalizador, destituído de detalhamento e especificidades. Essa forma rápida de resposta prejudicaria, então, na compreensão de aspectos particulares dos fenômenos (Andrade et al., 2000).

Quanto ao conhecimento pragmático e unitário, Bachelard explica que “para o espírito pré-científico, a sedução da unidade de explicação por uma única característica é poderosa”, ou seja, numa extrema generalização valoriza-se um único conceito utilizado para explicar algo complexo (Bachelard, 1996, p. 117). Sobre o caráter pragmático, tem-se que algo é verdadeiro e real apenas se tiver utilidade. Segundo o autor, o utilitarismo é um “pensamento mutilado”, o que quer dizer que também corrobora para generalizações do conhecimento e, assim, perde-se a totalidade e as especificidades do que é explicado (Bachelard, 1996, p. 114).

Já no obstáculo animista, recorre-se a atribuir qualidades vitais, biológicas e antropomórficas a objetos inanimados e a fenômenos físicos, o que constitui um grande problema à apropriação de conhecimento científico. O obstáculo verbal, por sua vez, ocorre quando uma única palavra (geralmente como função de analogia ou metáfora) ou imagem é utilizada para substituir uma explicação inteira (Andrade et al., 2000).

De acordo com Lopes (1993, apud Bernardino, 2010), dentre os obstáculos, o substancialista seria para Bachelard um dos maiores obstáculos no que diz respeito ao conhecimento químico. Esse obstáculo consiste na ideia que as substâncias encerrariam em seu íntimo uma qualidade antes oculta. E por fim, o obstáculo realista, que estaria relacionado com a experiência primeira, expressa a noção de que “a substância de um objeto é aceita como um bem pessoal”, podendo tocá-lo e apreciá-lo (Trindade et al., 2019, p. 17838).

Cabe destacar que, na perspectiva bachelardiana, tais obstáculos devem ser superados para que se cumpra o papel de apoio das analogias na construção do conceito a ser ensinado. Nesse sentido, Bachelard não despreza o uso de analogias no ensino e defende que o processo de desenvolvimento do conhecimento científico não se prenda a tal estratégia:

Apesar das críticas de Bachelard a respeito das analogias, não se pode afirmar que ele é contra o uso de analogias e imagens em situações de ensino. Sua posição é de que a razão não pode se acomodar a esses recursos, ou seja, ela tem que estar pronta a destruí-los sempre que o processo de construção do conhecimento exigir, pois, caso isso não ocorra, podem-se gerar obstáculos epistemológicos, os quais poderão prejudicar o desenvolvimento do conhecimento científico (Bernardino, 2010, p. 49).

Dessa forma, a analogia pode se revelar, num primeiro contato, como uma ferramenta muito importante na tradução correta da linguagem técnico-científico de conhecimentos elaborados em uma linguagem mais didática e expressiva, já que muitos conceitos científicos a serem ensinados em sala de aula exigem compreensões mais sutis (Guerra et al., 2019). Por outro lado, o aprendizado de determinado conteúdo será efetivo quando se verificar que a analogia já não é mais necessária ao estudante para compreender o conteúdo em questão.

Analogias em livros didáticos de Química

Os livros didáticos apresentam grande importância como ferramentas teórico-metodológicas para professores, auxiliando em seu trabalho pedagógico e como recurso complementar de conhecimento aos estudantes. No Brasil, os principais programas de escolha dos livros didáticos são o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). A cada três anos é disponibilizado um guia do livro didático, baseado em critérios estabelecidos pelo Ministério da Educação (MEC), para que os professores possam selecionar os livros que utilizarão em sala de aula.

Considerando que esse recurso didático é um material muito utilizado por professores e estudantes da rede pública de ensino, destaca-se que o impacto de sua utilização pode ser significativo nos processos de ensino e aprendizagem. Assim,

torna-se pertinente o desenvolvimento de estudos acerca dos aspectos dos conteúdos dos livros didáticos e suas implicações. Dado a periodicidade da avaliação e a renovação das obras, torna-se necessário a realização de análises qualitativas mais aprofundadas quanto à linguagem dos textos e contextualização de fenômenos, concepções, e conceitos científicos abordados (Stadler et al., 2012).

De acordo com Gomes e Oliveira (2007), algumas das estratégias e recursos didáticos utilizados em sala de aula pelos professores com o objetivo de facilitar os processos de ensino e aprendizagem podem se configurar como um obstáculo. Nessa perspectiva, tais recursos – analogias, comparações, metáforas, imagens e modelos – podem até mesmo contribuir para o reducionismo e esvaziamento do conhecimento científico caso não sejam trabalhados de forma apropriada. Diante desse problema, é de extrema importância realizar reflexões acerca dos possíveis obstáculos advindos do uso inapropriado desses recursos e suas implicações, uma vez que podem promover más interpretações do conteúdo científico e fragilizar o entendimento do mesmo pelos estudantes.

Dentro do tema deste trabalho, vale destacar a dissertação de Bernardino (2010), no qual a autora buscou “identificar e analisar analogias do Livro Didático Público de Química do Estado do Paraná (LDPQ/PR), com base nos pressupostos teóricos de Gaston Bachelard, especificamente os que se referem aos obstáculos epistemológicos” (Bernadino, 2010, p. 6-10). Nessa pesquisa, foram identificadas 25 analogias na coleção avaliada, com predominância para os conteúdos escolares ligação química e estrutura atômica. A autora destaca que a maioria das analogias encontradas pode levar a obstáculos epistemológicos do tipo animista e realista, além de criticar o fato da coleção não trazer informações sobre as limitações das analogias utilizadas.

Em outra pesquisa, Cedran e Santin Filho (2019) realizaram uma análise do conteúdo escolar estrutura dos compostos orgânicos em livros didáticos de Química Orgânica de nível superior. No estudo, foram escolhidos livros que constavam nas referências de disciplinas de Química Orgânica em cursos de graduação em Química de 11 universidades brasileiras. Tendo em vista a epistemologia de Bachelard e a cronologia histórica dos conceitos analisados, os autores observaram que os conteúdos eram abordados a partir de assuntos mais complexos e só depois os conceitos mais simples.

Em relação ao componente curricular de Química no Ensino Médio, Stadler et al. (2012) avaliaram as obras selecionadas pelo PNLD de 2012 quanto à presença de obstáculos epistemológicos estudados por Bachelard. Dentre os quatro livros examinados, os autores observaram a presença de obstáculos de experiência primeira, obstáculos verbais e substancialistas. Outros estudos, dentre a vasta literatura científica sobre o assunto, avaliaram conteúdos escolares de Química como é o caso do estudo de Melo e Neto (2013), o qual explicitou que o uso incorreto de analogias pode dificultar na compreensão da elaboração do conhecimento científico sobre os modelos atômicos. Esse efeito negativo ocorre quando o estudante não consegue definir os limites das analogias ao para aproximar representações abstratas da realidade.

Ainda no conteúdo escolar estrutura atômica e seus modelos, Andrade et al. (2014) buscaram investigar como as metáforas e as analogias são abordadas nesse conteúdo em dois livros didáticos do PNLD utilizados por estudantes de duas turmas do primeiro ano do Ensino Médio, uma de escola pública e outra de instituição privada. Como resultados, os autores não encontraram analogias e metáforas que contribuíssem para a explicação dos conceitos químicos analisados e afirmam que esses recursos linguísticos são de grande importância na aprendizagem, devendo, contudo, serem abordados de forma a evitar generalizações grosseiras.

Outro importante estudo, o de Francisco Junior (2009), identificou um total de 154 analogias nos livros didáticos de Química selecionados pelo PNLEM 2007. O autor utilizou um sistema de categorias para classificar quantitativa e qualitativamente as analogias encontradas. Com base nesse sistema, seus resultados mostraram que a maior parte das analogias não favorecia a aprendizagem e evidenciaram a ausência de discussões acerca das limitações da linguagem analógica. Para o autor, apesar da importância no processo cognitivo humano e na comunicação, “uso de analogias requer cuidado, uma vez que

seu emprego de forma simplificada e espontânea pode guiar o pensamento para uma visão concreta e imediata que impede a abstração” (Francisco Junior, 2009, p. 122).

Com base no exposto, é notório que a presença da linguagem analógica em textos de livros de Química do Ensino Médio, considerando o teor e os nuances dessa abordagem, pode dificultar a compreensão e representação do conhecimento científico pelos estudantes. Nesse sentido, novos estudos visando analisar conteúdos escolares (ainda não estudados) presentes em livros didáticos de Química, verificando e discutindo a presença ou não de analogias que podem gerar obstáculos epistemológicos, são necessários.

O conteúdo-conceitual *quantidade de matéria*

O conceito de *mol* é um dos conceitos fundamentais em Química. No entanto, uma série de estudos realizados em vários países têm demonstrado que professores e estudantes enfrentam muitas dificuldades para ensinar e aprender o conceito. Uma das origens, identificada na literatura, das dificuldades de ensino e aprendizagem desse conceito é a lacuna na compreensão da ligação entre a teoria atômica e o conceito de *mol* (Mweshi, Munyati & Nachiyunde, 2020).

Tais dificuldades têm sido reportadas na literatura há décadas. Novick e Menis (1976), por exemplo, ao avaliar a percepção de estudantes de 15 anos sobre o conceito de *mol*, concluíram que a maioria dos estudantes não alcançam uma compreensão coerente do conceito de *mol* e seu significado na interpretação de fenômenos químicos, nem a capacidade de usá-lo efetivamente na resolução de problemas. Segundo os autores, parece provável que muitos desses estudantes não funcionem no nível cognitivo (em termos piagetianos) necessário para adquirir o conceito de *mol*. Por outro lado, muitas respostas indicam que um desenvolvimento mais simples e menos complicado do conceito de *mol* na parte inicial de uma disciplina de Química seria menos confuso para a maioria dos estudantes. Tal desenvolvimento deve certamente tentar tornar a exigências conceituais mínimas consistentes com uma compreensão básica do *mol* como a unidade de contagem dos químicos.

O conceito de *quantidade de matéria*, cuja unidade e símbolo é *mol*, assim como todo conceito construído pela comunidade científica, sofreu redefinições de seu significado conforme os avanços nas discussões produzidas pela ciência. A origem do conceito de *quantidade de matéria* data do fim do século XIX e foi idealizada por Friedrich W. Ostwald (1853-1932) para identificar uma quantidade de massa com base em equivalências. Posteriormente, o conceito sofreu importantes reconstruções que melhoraram não só o trabalho científico, mas também a compreensão de outros conteúdos nos processos de ensino e aprendizagem (Rogado, 2004).

A terminologia *mol* foi introduzida como unidade de base do Sistema Internacional de Unidades (SI) em 1971 e definida com “a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 kg de carbono 12” (Silva & Rocha-Filho, 1995, p. 12). As entidades elementares descritas na definição acima referem-se a átomos, moléculas, elétrons ou a outras partículas, bem como agrupamentos especificados de partículas. Além do mais, a introdução do termo “quantidade de matéria” passou a substituir a expressão “número de mols”. Silva e Rocha-Filho (1995) destacam dois pontos importantes em relação ao significado de *mol*: o primeiro, esclarece que é incorreto e contraindicado desde 1971 dar ao *mol* o sentido de massa atômica ou molecular, expressa em gramas; o segundo ponto diz respeito à expressão “moles”, para indicar o plural de *mol*, porém essa expressão não é mais recomendada (atualmente usa-se “mols”).

Em contraste com a definição de 1971, um relatório técnico da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC, sigla em inglês) de 2017 recomendou uma nova: dessa vez, é de preferência que a definição de *mol* seja baseada em um número específico de entidades elementares, o número da constante de Avogadro. Em outras palavras, um mol deve conter exatamente $6,02214076 \times 10^{23}$ entidades elementares. Essa nova definição não associa mais a grandeza mol a uma outra grandeza, o quilograma (Marquardt et al., 2018).

Rogado (2004) evidencia a relevância dos conceitos de *quantidade de matéria* e de *mol* no ensino e aprendizagem de Química ao discutir que essa grandeza, além de estar entre as grandezas físicas fundamentais, relaciona-se com outras grandezas como massa, volume e número de partículas. Sendo assim, são conceitos presentes ao longo de toda a componente curricular de Química, principalmente no que se refere ao conteúdo de cálculo estequiométrico.

Confusões em torno do conceito de mol no ensino e aprendizagem, como a de associá-lo às massas atômica e molecular, pode afetar negativamente e de forma profunda na compreensão desse e de outros conteúdos, além de alimentar uma ideia distorcida do trabalho científico. Como já mencionado, quantidade de matéria e mol são conceitos que historicamente sofreram e vem sofrendo reformulações científicas significativas. Nesse sentido, estudos com abordagem da história da ciência e da epistemologia são importantes no sentido de estancar esses problemas qualitativos que envolvem o processo de ensino e aprendizagem de conhecimentos científicos (Rogado, 2004).

Considerando as recentes transições científico-conceituais na definição do termo mol, a importância do assunto no ensino e aprendizagem de conteúdos químicos e a problemática apontada por Rogado (2004) referente às confusões em torno da compreensão da quantidade de matéria e sua unidade, o mol, acreditamos na importância de uma análise desse conteúdo presente em livros didáticos, especificamente quanto ao uso da linguagem analógica como forma explicativa.

Tendo em vista as tensões apresentadas acima, consideramos que a análise epistemológica dos conceitos de *quantidade de matéria* e *mol* podem contribuir como um instrumento para que professores de Química tenham um olhar crítico quanto ao uso de analogias em explicações desse conteúdo e também de outros conhecimentos químicos.

2. Metodologia

Para a realização do presente trabalho, utilizamos a abordagem qualitativa de pesquisa para a análise de um conteúdo escolar em livros didáticos de Química. Esta abordagem permite que o observador entre em contato direto com o objeto de estudo, suas particularidades e contradições. Além do mais, a pesquisa na abordagem qualitativa fornece o meio necessário para que os dados sejam analisados de forma mais ampla e em articulação com o arcabouço teórico (Lüdke & André, 2013).

Como metodologia de pesquisa qualitativa, fizemos uso da análise documental. O *corpus* deste estudo, ou seja, o material escolhido e definido como objeto de estudo e a fonte de dados, corresponde a textos de capítulos ou seções de capítulos em livros didáticos de Química que introduzem e descrevem os conceitos de *quantidade de matéria* e *mol*.

A fim de traçar um recorte analítico acessível ao trabalho dos autores, foram escolhidos três dos cinco livros de Química selecionados pelo PNLD 2018 e outros três livros de Química datados de 1974, 1999 e 2003 (Quadro 1). Para a escolha dos livros de Química do PNLD 2018, fizemos uso do guia do livro didático, o qual corresponde a uma avaliação realizada pelo Ministério da Educação para a seleção de obras destinadas a estudantes e professores de instituições da rede pública de ensino que fazem parte do programa. Além do mais, contém resenhas e sugestões sobre os livros de modo a facilitar o processo de escolha pelos professores da coleção a ser utilizada em sua sala de aula (Brasil, 2017).

Quadro 1: Relação dos livros didáticos analisados.

Livro	Identificação	Autoria	Editores/Edição/Vol./Ano
Vivá	A	Vera Lúcia D. de Novais Murilo Tissoni Antunes	Editora Positivo 1ª edição, v. 1 2016
Ser Protagonista - Química	B	Aline Thaís Bruni Ana Luiza P. Nery Cezar Foschini Lisboa Rodrigo Marchiori Liegel Vera Lúcia M. Aoki	SM 3ª edição, v. 1 2016
Química Cidadã	C	Gerson de Souza Mól Wildson Luiz Pereira dos Santos (coordenadores)	AJS 3ª edição, v. 2 2016
Química: de olho no mundo do trabalho	D	Geraldo Camargo de Carvalho Celso Lopes de Souza	Editora Scipione 1ª edição; v. único 2003
Química: Química Geral e Inorgânica	E	D. R. Hartwig E. Souza R. N. Mota	Editora Scipione 1ª edição; v. 1 1999
Química Geral: teoria e exercícios	F	Ricardo Feltre e Setsuo Yoshinaga	Editora Moderna Ed. não identificada, v. 1 1974

Fonte: Autores (2022).

No percurso de obtenção, sistematização e discussão de dados, delimitamos as seguintes etapas procedimentais: identificação das analogias; classificação; e discussão. Na fase de identificação, centramos na definição de analogia de acordo com Mól (1999) e procuramos nos textos expressões que indicassem a presença de linguagem analógica nas descrições, como “em analogia a...”, “fazendo uma analogia...”, “imagine que...” (Francisco Junior, 2009).

Pela definição de Mól (1999), a analogia é uma relação de comparação entre dois conceitos: o conceito alvo e o conceito domínio. O conceito alvo é aquele conceito desconhecido que se pretende ensinar. Já o conceito domínio é aquele que já é de conhecimento dos estudantes e que servirá de ponto de partida para compreender o conceito alvo. Nesse sentido, a análise desta pesquisa diz respeito à existência de conceitos domínio na explicação de apenas um conceito alvo: a *quantidade de matéria* e sua unidade, o *mol*.

Na etapa de classificação das analogias identificadas, utilizamos de forma adaptada a estrutura adotada por Bernardino et al. (2013), Francisco Júnior (2009) e Monteiro e Justi (2000), conforme a Quadro 2.

Quadro 2: Critérios de classificação das analogias.

Critérios	Descrição dos critérios
Posição	Como a analogia é posicionada no texto em relação ao conceito alvo
Forma de apresentação	Como a analogia é apresentada no texto (forma verbal ou ilustrativo-verbal)
Tipo de relação analógica	Se o conceito domínio e o conceito alvo compartilham atributos estruturais, funcionais ou ambos
Nível de enriquecimento	De que forma relação analógica contribui para a compreensão das semelhanças entre conceito domínio e conceito alvo
Orientação pré-tópico	Se, no texto, é possível identificar de forma explícita que está sendo utilizada uma analogia na explicação
Limitações	Presença de alertas ao leitor sobre as possíveis limitações da analogia utilizada na compreensão do conceito alvo

Fonte: Adaptado de Bernardino et al. (2013), Francisco Júnior (2009) e Monteiro e Justi (2000).

A seguir detalhamos cada um dos critérios de classificação das analogias. O primeiro critério, o da posição, refere-se à localização da analogia em relação ao conceito alvo. A analogia pode estar posicionada no livro didático antes, durante e depois do conceito alvo, acompanhada ou não de ilustração; ou então na margem do texto, como em boxes explicativos e em trechos isolados. Quanto à forma de apresentação da analogia nos livros didáticos, consideramos os tipos verbal e ilustrativo-verbal: no primeiro tipo, tem apenas a apresentação em forma de texto; já na forma ilustrativa-verbal, a analogia é desenvolvida em texto acompanhado de ilustração, imagem e semelhantes (Bernardino, 2013; Francisco Júnior, 2009; Monteiro & Justi, 2000).

O terceiro critério, por sua vez, discute se o conceito análogo e o conceito alvo compartilham entre si atributos estruturais, funcionais ou ambos. O atributo estrutural existe quando é estabelecida semelhança física geral (forma, dimensão, estado, aparência, organização espacial, etc.) entre os conceitos, ou seja, se os conceitos compartilham entre si atributos de conformação similares. Na relação de tipo funcional, é atribuída ao conceito alvo a função ou comportamento próprio do conceito familiar (número, localização, intensidade, etc.). Há o caso também em que tanto aspectos estruturais quanto funcionais podem ser compartilhados, ou seja, funcional/estrutural.

Em relação ao nível de enriquecimento, as analogias podem ser classificadas como simples, enriquecida ou estendida. Quando apenas um atributo é compartilhado entre conceito alvo e conceito análogo, portanto pouca semelhança entre os dois, a relação é classificada como simples. Agora, quando mais de um atributo está presente nos dois conceitos da relação analógica, a analogia é dita enriquecida. A classe do tipo estendida, por sua vez, é identificada quando: mais de uma analogia é empregada nas discussões do conceito alvo ou quando a analogia sofre uma modificação para acrescentar mais atributos e, assim, reforçar a relação que está sendo estabelecida. No caso deste estudo, onde a análise se inclina sobre um único conceito alvo, optamos por identificar a analogia estendida em relação a esta última característica (Bernardino, 2013; Francisco Júnior, 2009; Monteiro & Justi, 2000).

Em referência ao quinto critério, é observado se ao leitor é evidenciado que se faz uso de analogia na descrição do conceito alvo ou se até mesmo há explicações adicionais sobre a analogia usada. Nesse caso, averigua-se ao longo do texto se é possível encontrar expressões como “imagine que...”, “como se fosse...”, “em analogia a...”, dentre outras. Finalmente, pelo critério da limitação, busca-se analisar se é inserida no texto alguma exposição sobre os eventuais limites que a relação analógica sustentada da descrição do conceito alvo pode trazer para a compreensão do mesmo (Bernardino, 2013; Francisco Júnior, 2009; Monteiro & Justi, 2000).

Para facilitar a classificação utilizamos siglas de identificação para cada analogia, de modo a expressar o livro e a ordem em que a analogia foi encontrada (exemplo: A1, livro A e 1 para primeira analogia identificada no livro). Identificação de unidade, capítulo e seção não será necessário, já que tratamos de um único conteúdo conceitual.

Por fim, discutiremos os dados em confronto com os referenciais teóricos apresentados, na tentativa de traçar uma análise comparativa entre os livros didáticos A, B e C (selecionados pelo PNLD 2018) e os textos dos livros D, E e F (edições de 2003, 1999, 1974, respectivamente). A análise irá contemplar uma discussão em torno da qualidade das analogias empregadas na explicação do conceito de *quantidade de matéria e mol*; da importância do uso desse recurso de linguagem na abordagem do assunto em questão; e das potencialidades e limitações acerca da utilização de analogias no ensino e aprendizagem.

3. Resultados e Discussão

Nesta seção, apresentamos as analogias identificadas e a análise com base nos critérios adotados por Bernardino (2013), Francisco Júnior (2009) e Monteiro e Justi (2000). A descrição que se segue expõe os resultados em dois blocos inter-relacionados: o primeiro e o segundo blocos tratam, respectivamente, de uma visão geral a respeito do conteúdo nos trechos analisados e dos resultados obtidos na análise dos livros didáticos. No segundo bloco, ainda, discute-se de forma comparativa a representação de analogias em tais livros, no que diz respeito ao conteúdo-conceitual *quantidade de matéria e mol*.

Quadro 3: Quantidade de analogias encontradas nos livros didáticos avaliados.

Livro	Trechos analisados		Quantidade de analogias encontradas
	Páginas	Capítulo	
A	190-196	9	3
B	7-14	1	2
C	244-251	13	2
D	160-165	13	4
E	305-318	10	1
F	410-421	-	2

Fonte: Autores (2022).

Conforme o Quadro 3, foram encontradas 14 analogias no total, sendo que todos os livros avaliados apresentam pelo menos uma analogia ao abordar o conteúdo *quantidade de matéria*. No Livro A, o conceito alvo é abordado em um capítulo que introduz conceitos básicos para a iniciação em cálculos químicos, relacionando os processos químicos com a *quantidade de matéria*. Quanto à obra B, o trecho destinado à explicação do conceito de *mol* é uma seção intitulada “Numerosidade e quantidade de matéria”, do capítulo 1 “Unidades de Medida da Química” (p. 7). No livro C, o trecho de interesse encontra-se no capítulo “Mol: quantidade de matéria”, na Unidade 4 “Contando átomos e moléculas” (p. 244).

A seguir, no Quadro 4, a relação das analogias identificadas nos livros didáticos avaliados, assim como uma breve descrição dos conceitos domínios utilizados. Na primeira coluna, encontram-se os códigos de identificação das analogias encontradas, sendo que a letra em maiúsculo indica o livro no qual a analogia foi encontrada e o número que se segue aponta para a ordem em que a analogia se insere no trecho do livro. Na segunda coluna, aloca-se o(s) número(s) da(s) página(s) onde cada analogia é descrita. E na terceira coluna, descreve-se sucintamente o conceito familiar a partir do qual a relação analógica se estabelece. Ao lançar mãos dos conceitos domínio, os autores dos livros didáticos tentam aproximar do conceito alvo utilizando alguns conhecimentos sobre contagem de objetos, grandezas e unidades de medida presentes no cotidiano e, dessa maneira, ensinar um conhecimento novo e complexo partindo-se de um conhecimento comum ao estudante.

Quadro 4: Relação de analogias encontradas e seus respectivos conceitos domínio.

Analogia	Paginação	Breve descrição do conceito domínio
A1	190	Unidades de medidas adotadas para se comprar feijão, arroz e sal
A2	191	Contagem de idade em anos em vez de segundos
A3	191	Pessoa que consegue contar átomos, moléculas e íons
B1	11-12	Grandezas utilizadas na compra de quantidades de produtos
B2	12-13	Contagem de miçangas
C1	245	Pesos em uma balança e proporção entre átomos
C2	249	A medida de dúzia na compra de frutas
D1	160	Compra de feijão por massa em vez de grãos
D2	164	Dúzia
D3	164	$6,02 \times 10^{23}$ moedas de um real
D4	164	Se contarmos 1 átomo por segundo
E1	317	Medida de dúzia
F1	412-114 420	“Pacotes” contendo partículas elementares e contagem dessas partículas com auxílio de uma pinça
F2	421	Medida de dúzia na compra de alimentos

Fonte: Autores (2022).

Em um balanço geral, não percebemos erros conceituais que possam gerar obstáculo epistemológico ao aprendizado do conteúdo *quantidade de matéria* e *mol* nos livros A, B e C. A apresentação nos livros não contém excessos imagens, ilustrações ou outro, e os tópicos necessários para o entendimento desse conteúdo são abordadas inteiramente. Os autores diferenciam de forma clara conceito de *mol* dos conceitos de massa atômica ou molecular, conforme recomenda a definição que consta no SI de 1971 (SILA; ROCHA-FILHO, 1995). No tocante às recomendações da IUPAC para a definição de *mol*, os autores dos livros B e C fazem referência direta à amostra de 12 gramas de carbono-12 e posteriormente relacionam o conceito com a constante de Avogadro. Já na obra A, a definição de *mol* é feita em relação direta com o número de Avogadro. Além do mais, ambos os livros supracitados apontam sobre o uso correto do símbolo mol e do plural da unidade mol.

Em relação aos livros C, D e F, estes datam anteriormente à sistematização e distribuição de livros didáticos de Química pelo PNLDEM. O livro D, volume único, aborda brevemente o conteúdo *quantidade de matéria* e *mol*, se resumindo a meia página; além disso, assim como em F, não encontramos nenhuma advertência no que concerne ao uso adequado da unidade mol e termos em desuso. Nesse requisito, o livro E contém a recomendação de evitar o termo “número de mols”, porém os autores mostram-se indiferentes quanto ao plural de mol, sugerindo tanto o termo “mols” quanto “moles”.

O livro F, o mais antigo dentre as obras ora analisadas, faz uso de vocabulário e noções que já não são mais empregadas na explicação de conceitos químicos, como por exemplo: “peso” atômico ou molecular – nesse caso, os autores tratam peso e massa como sinônimos; “átomo-grama” e “molécula-grama”, como indicativos de massa do átomo e da molécula expressos em gramas, respectivamente; “número de moles” e “fórmula-grama”. Ainda, um ponto importante deve ser considerado: os autores utilizam a palavra mol como um sinônimo de molécula-grama e, assim, o conceito de *mol* aparece relacionado, num primeiro momento, com a massa em vez de números de espécies elementares ou partículas. Posteriormente, os autores fazem uma ressalva a respeito do significado desse termo no trecho que se segue:

A palavra MOL nasceu apenas como um sinônimo e abreviação da palavra MOLÉCULA-GRAMA. No entanto, com a determinação do Número de Avogadro, a palavra MOL ganhou maior amplitude e passou a designar $6,02 \times 10^{23}$ unidades de qualquer coisa [...]. Enfim a expressão MOL é modernamente apenas uma indicação de quantidade [...] (Livro F, p. 421, grifo dos autores).

Até mesmo para a época na qual essa obra foi publicada, a definição de *mol* referida pelos autores parece estar incorreta e desatualizada, visto que ela não condiz com a recomendação científica internacional retificada em 1971 que inclui a ideia de quantidade de matéria e o parâmetro de 12 gramas de carbono-12 (Silva & Rocha-Filho, 1995).

A partir de agora, apresentamos os resultados obtidos na esfera das categorias de análise (Quadro 5) e discutimos os dados primeiramente para as analogias dos livros A, B e C e, em seguida, para as analogias dos livros D, E e F. Partindo do referencial analítico adotado para a classificação das analogias, os critérios são: a posição ocupada pela analogia em relação ao conceito alvo; apresentação na forma verbal ou ilustrativo-verbal; o tipo de relação analógica, ou seja, do tipo estrutural, funcional ou ambos; o nível de enriquecimento (simples, enriquecida ou estendida); a presença de orientação pré-tópico, isto é, indicação ao leitor de que se está fazendo uso do recurso analógico; e, por último, se os autores dos livros didáticos reconhecem e discutem as limitações das analogias empregadas.

Quadro 5: Classificação das analogias encontradas.

Analogias	Posição	Forma de apresentação	Tipo de relação analógica	Nível de enriquecimento	Orientação pré-tópico	Limitações	
						reconhece	discute
A1	antes e durante	ilustrativo-verbal	estrutural/funcional	enriquecida	sim	sim	sim
A2	antes	verbal	funcional	simples	sim	não	não
A3	depois	verbal	funcional	simples	sim	não	não
B1	antes	ilustrativo-verbal	funcional	simples	sim	sim	sim
B2	antes e depois	ilustrativo-verbal	estrutural/funcional	enriquecida	sim	sim	não
C1	antes	ilustrativo-verbal	funcional	simples	sim	não	não
C2	depois	verbal	estrutural/funcional	enriquecida	sim	sim	sim
D1	antes	verbal	funcional	simples	sim	não	não
D2	antes	verbal	funcional	simples	sim	não	não
D3	depois	verbal	funcional	simples	sim	não	não
D4	depois	verbal	funcional	simples	sim	não	não
E1	depois	verbal	funcional	simples	sim	não	não
F1	durante	ilustrativo-verbal	funcional	enriquecida	sim	não	não
F2	depois	verbal	funcional	simples	sim	não	não

Fonte: Autores (2022).

Quanto à posição ocupada pelas analogias nos livros A, B e C, contabilizamos o seguinte: três analogias localizadas no texto antes do conceito alvo (A2, B1 e C1); uma analogia, A1, ocupando espaço antes e durante a apresentação do conceito de *mol*; apenas uma analogia, B2, posicionada anterior e posteriormente ao conceito alvo; e, finalmente, as analogias A3 e C2 localizadas depois da descrição do conceito alvo. Estas últimas, ademais, são dispostas ao final da instrução em forma de boxes apartados do texto.

De acordo com Monteiro e Justi (2000) e Francisco Junior et al. (2012), a distribuição das analogias em relação ao conceito que se pretende ensinar depende do objetivo proposto com o uso da analogia. A disposição da analogia antes, durante ou depois do conceito alvo, contribui para uma construção mais integrada do conhecimento, o que pode facilitar a compreensão dos conceitos. Já a respeito das analogias ao final da exposição, os autores evidenciam que elas apresentam potencial de sintetizar as ideias; mas também revelam que a disposição de analogias à margem do texto não apresenta tanta importância em termos de contribuição.

A analogia B2 em especial, é trabalhada de uma forma muito rica no decorrer da seção analisada. A construção dessa analogia é bem detalhada e organizada em um boxe explicativo (Figura 1), além de ser retomada em outros momentos no texto de modo a relacioná-la ao conteúdo-conceitual. Nesse caso, assim como na analogia B1, a discussão em torno do conteúdo tem início com a introdução do conceito de numerosidade, o que é muito importante para o leitor ter em mente a diferença entre quantidade em termos de massa e quantidade em termos de número de elementos. Ademais, nessa analogia também são incluídas imagens que amparam o desenvolvimento da explicação e que, assim, extrapolam a função meramente ilustrativa. A seguir é discutido mais amplamente a questão da utilização de recursos visuais nas analogias.

Figura 1: Trecho da descrição da analogia B2.

Construção do Conhecimento

Contando entidades pequenas

Vimos no item de massa atômica como foi estabelecida a relação entre as massas de diferentes substâncias, utilizando uma substância simples como padrão. Entretanto, os químicos tinham, ainda, outro desafio a vencer: como saber o número de átomos ou entidades químicas presentes nessas quantidades de substâncias? Certamente, eles não poderiam contá-las da forma como você conta laranjas na feira. Ainda que conseguissem desenvolver uma máquina que contasse mil átomos por segundo, esta gastaria, aproximadamente, 20 trilhões de anos para contar todos os átomos existentes em 12 g de carbono-12!

Diante de tal impossibilidade, os químicos desenvolveram a grandeza numerosidade. Para compreendê-la, vamos estabelecer a comparação com objetos pequenos manuseáveis, como as miçangas empregadas na confecção de bijuterias (veja a foto acima).

As unidades mais apropriadas na comercialização de miçangas são aquelas que adotam padrões de medida próximos à quantidade de miçangas, às quais serão comercializadas. Assim, o grama poderia ser uma boa unidade de medida na venda direta de miçangas ao consumidor, o quilograma para vendas a comerciantes e a tonelada para a venda do produto a grandes indústrias.

Vamos imaginar que uma pessoa muito meticulosa resolvesse comprar a quantidade exata de miçangas para confeccionar, por exemplo, certo número de colares. Para essa pessoa, a grandeza mais apropriada seria a unidade de medida que estivesse relacionada ao número de miçangas (número de entidades) e não à massa. No entanto, é muito trabalhoso contar **miçangas** uma a uma. Mas, se não é possível usar a unidade simples, que grandeza devemos usar nesse caso?

A forma adequada seria estabelecer um padrão de referência que contivesse a quantidade de fácil manuseio. Como a balança é um instrumento de medida preciso e bastante comum, a pessoa poderia escolher, como padrão, de medida uma quantidade de miçangas que pudesse ser determinada com base em sua massa. Que tal escolher 150 g de miçangas de 6 mm de diâmetro como padrão de referência? Essa miçanga não é muito grande, nem muito pequena. Além disso, 150 g correspondem a uma quantidade razoável, fácil de ser medida.

Adotada essa convenção, poderiam ser determinadas quantas miçangas de 6 mm há em 150 g. De que maneira? Contando uma a uma as miçangas em uma amostra de 150 g.

Ou, para facilitar, simplesmente medindo a massa de uma dessas miçangas. Bastaria, depois, dividir 150 g pela massa de uma miçanga. Como curiosidade, fizemos essa conta e obtivemos o resultado de 1 359 miçangas.

Resolvido o problema. Se nosso amigo meticuloso precisasse de 4 077 miçangas, bastaria comprar 450 g de miçangas, ou seja, a quantidade contida em 150 g serviria como base para seus cálculos de unidade. Ela poderia facilitar ainda mais os cálculos inventando uma grandeza específica para contar a quantidade de miçangas. Essa grandeza poderia se chamar "quantidade de miçangas", que tal? E, como toda grandeza tem de ter uma unidade, poderia ser batizada de "miçangul".

Assim, esse hipotético consumidor não pediria mais 450 g de miçangas, mas, sim, 3 "miçanguls" de miçangas.

▲ Ainda que **miçangas** possam ser contadas uma por uma, essa não é tarefa fácil de ser efetuada no comércio. Como fazer?

Contar miçangas é muito trabalhoso, mas **medir a massa** é muito fácil. Se contarmos a quantidade de miçangas em determinada massa, saberemos quantas miçangas há em qualquer outro valor de massa. ▼

Fonte: Livro B (p. 12).

Em relação ao critério da forma de apresentação da analogia, buscou-se defini-la como verbal ou ilustrativo-verbal (texto acompanhado de foto, ilustração ou esquema). Constatamos que as analogias A1, B1, B2 e C1 apresentam configuração ilustrativa-verbal, uma vez que as figuras ou fotos que acompanham os textos facilitam, pelo menos em parte, a visualização da analogia que está sendo construída no decorrer da descrição.

Na analogia B1 (Figura 2), por exemplo, uma foto mostrando uma quantidade grande de maçãs é utilizada no objetivo de auxiliar na abstração do conhecimento que está sendo tratado a partir da formulação de modelos mentais. Nesse sentido, a

foto em B1 pode contribuir para o entendimento sobre a dificuldade de realizar a contagem de uma enorme quantidade de elementos.

Figura 2: Trecho da descrição da analogia B1.

2 Numerosidade e quantidade de matéria



Para o químico, além de volume e massa, existe outra grandeza relacionada à quantidade, que já está incorporada em sua rotina de trabalho: a **numerosidade**. Vamos ver o que é isso.

Nos supermercados, podemos encontrar sabão em embalagens com cinco barras, o sabão em pó em caixas ou pacotes, sabão líquido em frascos de 500 mL.

▲ Contar quantidades enormes de maçãs é muito difícil. Para contar átomos, então, é mais difícil ainda. Daí o motivo pelo qual os químicos criaram uma grandeza específica para contar entidades, denominada **numerosidade**.

Fonte: Livro B (p. 11).

Em contrapartida, as analogias A2 e A3 foram identificadas como verbais. Nesse caso, o processo de visualização depende do ato imaginativo de quem está lendo. Algumas analogias dispensam o acompanhamento pictórico e também há casos em que a figura utilizada tem fim meramente ilustrativo. Apesar de vir acompanhada por uma figura, consideramos C2 como verbal (Figura 3) pois entendemos que a imagem não contribui de forma expressiva para a compreensão da relação entre o conceito domínio e o conceito alvo.

Figura 3: Trecho da descrição da analogia C2.

SAIBA MAIS

Analogias para o conceito de mol

A grandeza **quantidade de matéria**, expressa em mol, não é utilizada em nosso dia a dia. Daí a razão de certo estranhamento por parte de muitos alunos.

Contudo, quando a quantidade de matéria é pensada como um conjunto que contém um número determinado de unidades, pode-se estabelecer analogia com um conjunto muito utilizado no cotidiano: a dúzia.

Uma dúzia, seja de laranjas, ovos, canetas ou melancias, apresenta sempre 12 unidades.

De forma semelhante, 1 mol apresenta sempre $6,0 \times 10^{23}$ unidades. Sabe-se que uma dúzia de melancias possui massa muito maior que uma dúzia de laranjas. Em outras palavras, a massa do conjunto (dúzia) depende de sua identidade.

De forma análoga, a massa correspondente a 1 mol de átomos ou moléculas (massa molar) também depende dos tipos de átomos ou moléculas.

Observação: A utilização de melancias e laranjas, por exemplo, constitui uma analogia, a qual está sujeita a problemas. Nesse caso, é preciso considerar que seja possível estimar a massa média dessas frutas.



A massa da melancia é maior que a da laranja.

Fonte: Livro C (p. 249).

Quanto ao tipo de relação analógica construída entre o conceito domínio e o conceito alvo, verificamos a presença equilibrada entre analogias de categoria funcional e funcional/estrutural. Classificamos as analogias A1, B2 e C2 como do tipo estrutural/funcional e A2, A3, B1 e C1 como do tipo funcional. A analogia A1 traz como teor funcional a descrição do processo de contagem de “grãos” em porções definidas de feijão, arroz e sal, na tentativa de, na sequência, se referir à

dificuldade de se quantificar partículas em termos de numerosidade. Quanto ao teor estrutural em A1, percebe-se menção a respeito da dimensão das partículas e a relação dessa propriedade com a dificuldade no processo de contagem. A seguir, um trecho da analogia A1, no qual é possível identificar o tipo de relação analógica:

Imagine que você tenha que **contar o número de “grãos”** existentes em uma porção de feijão, em uma de arroz e em uma de sal [...] Qual porção seria mais fácil de contar? Certamente, seria mais fácil de contar os grãos de feijão, pois, quanto maior for a **dimensão das unidades**, mais simples será a contagem (LIVRO A, p. 190, grifo nosso).

De modo semelhante, a relação analógica em B2 é do tipo funcional/estrutural, pois trata do processo dificultoso de contagem de unidades muito pequenas (relação entre aspecto funcional e estrutural). Além do trecho reportado na Figura 1, esse aspecto pode ser observado neste outro excerto:

Os constituintes dos materiais (átomos, moléculas, íons etc.) são entidades pequenas demais para serem contadas. Como, então, podemos conhecer a numerosidade de entidades químicas de substâncias e materiais? Fazendo o mesmo que nosso amigo detalhista fez para comprar miçangas: estabelecendo um padrão que seja fácil de manusear (Livro B, p. 13).

A respeito da analogia da C2, esta diferencia-se das demais de tipo funcional/estrutural no que se refere ao atributo estrutural, já que aborda propriedade de massa ao invés da dimensão das partículas (Figura 3). Já se esperava a predominância do caráter funcional nas relações analógicas, em razão da característica processual do conteúdo-conceitual *quantidade de matéria e mol*. Esse conhecimento trata especificamente de uma grandeza física que determina o número de espécies químicas, o que de modo geral indica uma maior centralidade no aspecto funcional da questão.

Com relação ao quarto critério de classificação, o nível de enriquecimento, observou-se a existência de três analogias do tipo enriquecida (A1, B2 e C2) e as demais analogias dos livros A, B e C entendemos que são do tipo simples. Quanto à relação entre o conceito domínio e conceito alvo, verifica-se o compartilhamento de apenas um atributo, diz-se que a relação é simples. No caso das analogias A2, A3 e C1, o procedimento de contagem de elementos foi o único atributo compartilhado. Como foi vista na categoria anterior, cada uma das analogias A1, B2 e C2 estabelecem o compartilhamento de um atributo funcional e um estrutural entre os conceitos alvo e domínio. Assim, como mais de um atributo é tratado, justifica-se a classificação de tais analogias em enriquecidas.

De acordo com Francisco Junior (2009), em razão da baixa similaridade entre conceitos nas analogias simples, estas têm maior chance de ocasionar problemas de aprendizagem. Esses problemas podem corresponder aos obstáculos epistemológicos descritos por Bachelard (1996). Recomenda-se, nesse caso, que o professor estabeleça as similaridades e as limitações das analogias, a fim de tornar efetiva a associação entre os conceitos.

Sobre a existência ou não de termos ou outros indicativos que explicitassem o uso de uma analogia no texto, critério da orientação pré-tópico, constatamos que todas as analogias apresentam alguma indicação de que está sendo utilizada uma analogia para abordar o conceito alvo (Quadro 5). Os principais termos encontrados foram “imagine que...”, “de forma análoga...”, “suponha que...” e “semelhantes”. Além das estratégias de identificação, nessa categoria de classificação também analisamos se as analogias são desenvolvidas e explicadas devidamente ou apenas colocadas sucintamente no texto.

O nível de detalhamento na explicação do análogo varia de analogia para analogia, mas na maioria dos casos são apontados e discutidos os atributos compartilhados entre os conceitos, o que revela boa qualidade dessas analogias. Os melhores casos, em nosso entendimento, correspondem às analogias A1 e B2, nas quais a relação domínio/alvo é estabelecida de forma a familiarizar o estudante-leitor a respeito do que será comparado aos conceitos de *quantidade de matéria e mol*. Em

exceção, a analogia A2 não é desenvolvida no texto. Porém, mesmo sendo apenas citada, essa analogia é inserida dentro da lógica trazida por A1, como podemos ver no excerto abaixo:

De forma análoga, é o mesmo recurso que se adota ao comprar feijão por quilogramas e não por grãos, ou ao **contar a idade das pessoas em anos e não em segundos**. Isso explica a adoção de uma unidade especial, o mol, que torna mais práticos os cálculos de número de átomos ou moléculas em amostras cujas massas podem ser medidas com instrumentos comuns, como uma balança (Livro A, p. 191, grifo nosso).

A orientação pré-tópico é de grande importância pois alerta ao leitor de que está se fazendo uso de analogia no texto e, assim, pode alertar sobre possíveis similaridades e limitações decorrentes da relação entre os conceitos. Uma forma mais direta para se contornar possíveis obstáculos gerados pelas limitações é reconhecer e discutir essas mesmas limitações.

Como é mostrado no Quadro 5, identificamos que na maioria das analogias em A, B e C há reconhecimento da existência de limitações. Porém, apenas três delas revelam ou discutem tais limitações, e ainda de forma pouco explorada. Em A1, observamos o último critério no trecho abaixo, no qual o leitor é implicitamente induzido a perceber uma limitação da analogia que está sendo retratada:

Até agora, falamos em contar grãos, que, por menores que sejam são perfeitamente visíveis. Agora pense: e se tivéssemos que “contar” o número de moléculas, átomos, íons ou elétrons presentes em determinada amostra de um material? Seria necessário adotar uma unidade de medida compatível com a dimensão dessas partículas (Livro A, p. 190).

Na analogia C2 (Figura 3), por sua vez, a exigência em torno da limitação de analogia é bem atendida. Além de estar claro ao leitor que se trata de uma analogia, é explicado que a comparação entre o conceito de *mol* e uma dúzia de melancias ou laranjas está sujeita a problemas, sendo necessário, nesse caso, conhecer a massa média dessas frutas. Em síntese, com base nos trabalhos revisitados, percebemos que o critério das limitações foi atendido de forma razoável. Porém, comparando com a literatura revisitada, reconhecemos que esse resultado é importante no que se refere à qualidade. Nos resultados de Lara (2014), Bernardino (2010) e de Monteiro e Justi (2000), por exemplo, o percentual de analogias nas quais os autores dos livros reconhecem a existência de limitações é inexistente ou baixíssima.

A partir daqui, apresentamos os resultados decorrentes da classificação das analogias encontradas nos livros D, E e F. Como pode ser visto no Quadro 3, localizamos um total de 7 analogias, mesmo valor obtido para o conjunto de livros A, B e C. As analogias nesse caso são distribuídas irregularmente nos livros analisados, porém o que mais nos revela dados interessantes é a qualidade de tais analogias, que difere drasticamente da observada para o primeiro conjunto de livros (A, B e C).

No Quadro 4 é mostrado um resumo do que se trata cada um dos conceitos domínio empregados pelos autores na tentativa de traçar relações com o conceito alvo. Percebe-se que a analogia da dúzia também está presente em alguns desses trechos, o que sugere uma persistência dessa analogia entre os autores na explicação do conteúdo.

Quanto à classificação das analogias encontradas em D, E e F, para abordar os conteúdos *quantidades de matéria* e *mol*, os dados construídos se mostraram pouco diversificados entre si e qualitativamente inferiores no âmbito de facilitar o entendimento do assunto (Quadro 5). Nota-se, logo à primeira vista, a expressividade de analogias do tipo verbal e posicionadas depois do conceito alvo; além da prevalência de relações analógicas funcionais e de níveis de enriquecimento simples.

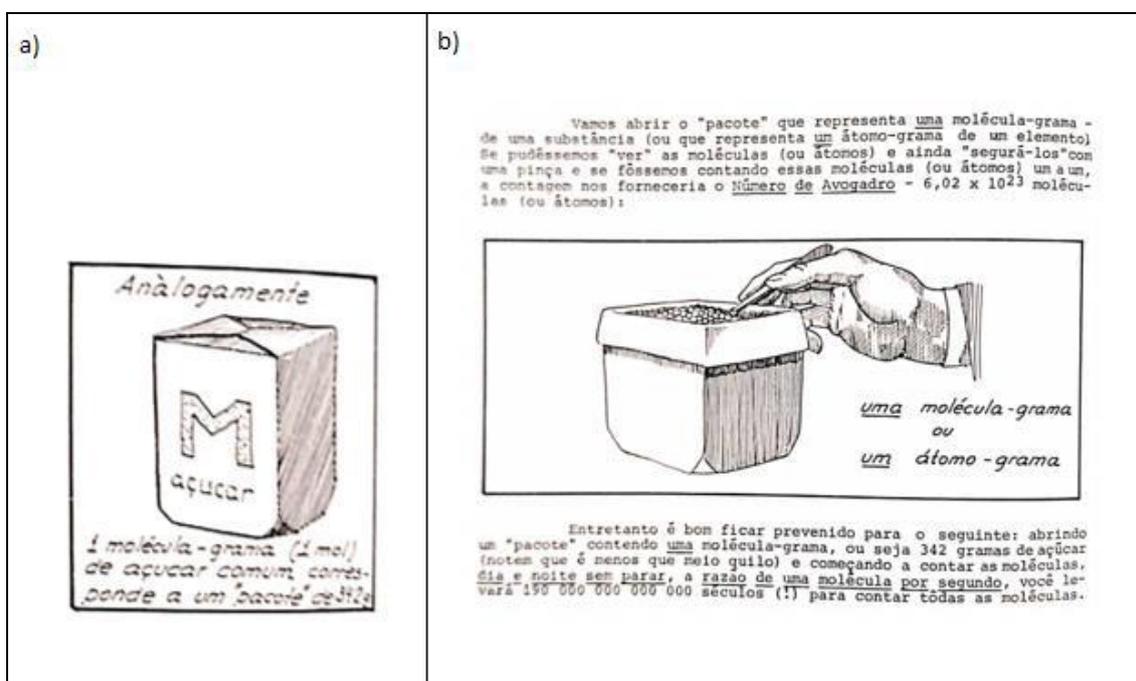
Para Bernardino (2010), quando desprovidas de discussões acerca de suas limitações, as analogias podem comprometer a aprendizagem dos estudantes. Isso porque a transposição de atributos do conceito domínio para o conceito alvo pode se processar de forma equivocada e, por essa razão, cabe ao professor a tarefa de perceber as limitações das analogias nos livros e promover reflexões a respeito. Lara (2014) considera que, sem entender com clareza os atributos compartilhados entre

os conceitos, o estudante pode interpretar equivocadamente a comparação e, por exemplo, relacionar atributos funcionais a uma analogia estrutural ou vice-versa.

As analogias presentes nessas obras mais antigas são, de modo geral, breves e se restringem a comparações despidas de familiarização do conceito a partir do qual é estabelecida a comparação com o conteúdo. Esse aspecto explica as características funcional e simples de tais analogias. Como já discutido anteriormente, recomenda-se que a relação analógica seja bem desenvolvida e não apenas posta no texto, de tal maneira que estejam evidentes os aspectos compartilhados entre os conceitos.

Em F1, percebemos que os autores adicionam uma modificação em certo momento para tratar de mais um atributo funcional, por isso a analogia foi classificada como enriquecida (Figura 4). Na Figura 4(a) pode-se observar um trecho em que os autores tentam ilustrar a ideia de “molécula-grama” comparando-a com um pacote no qual se encerra a quantidade da substância - açúcar, nesse caso - expressa em gramas. Essa lógica se repete em outros momentos do texto para se referir também ao “átomo-grama”. Na Figura 4(b) os autores supõem a possibilidade de se contar todas as partículas elementares dentro do pacote com o auxílio de uma pinça até chegar à quantidade de $6,02 \times 10^{23}$ moléculas, número que corresponde ao número de Avogadro. Apesar de classificarmos essa relação analógica como enriquecida, não significa que a mesma traz contribuições. Isso porque, como veremos, o uso dessa analogia pode gerar obstáculos epistemológicos, principalmente devido a Figura 4(b) e seu texto relacionado.

Figura 4: Excertos da analogia F1: em (a) compara-se 1 mol a um pacote; em (b) supõem-se a contagem de partículas elementares com auxílio de uma pinça.



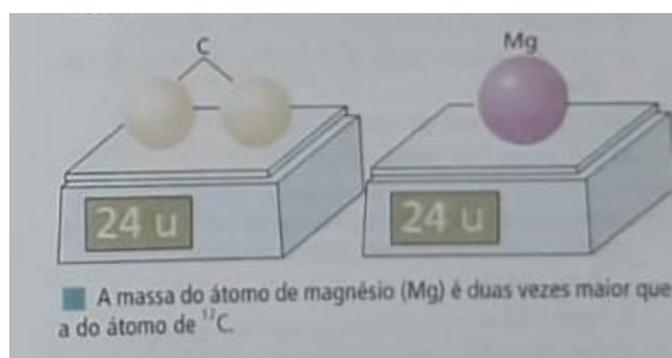
Fonte: Livro F (p. 420).

Em vários momentos no texto em que F1 se insere, a palavra “pacote” se repete de forma a substituir a ideia de mol (ou molécula-grama, no contexto obra). Quando uma palavra acaba substituindo a explicação de um conceito ou termo próprio do conhecimento científico que se trata, configura-se um obstáculo verbal. Nesse sentido, interpretamos que a utilização repetida da palavra “pacote” na analogia F1 constitui um obstáculo verbal. A Figura 4 (b), ilustração utilizada para explicar a quantificação de entidades químicas, pode gerar um obstáculo realista que, por sua vez, também está atrelado ao obstáculo de

experiência primeira (Bachelard, 1996). A ilustração retrata, ficcionalmente, uma mão que segura uma pinça e que, com esse objeto, manipula moléculas ou átomos. Essa ação retratada na imagem pode causar um grande prejuízo ao processo de abstração do conhecimento, pois a representação de uma espécie química como sendo um objeto visível e palpável, percebida no nível macroscópico, não condiz com a realidade (Stadler et al., 2012).

Como visto, a única analogia do tipo ilustrativo-verbal encontrada, nos livros didáticos mais antigos ora analisados, apresenta grande potencial de gerar obstáculos epistemológicos e prejudicar o aprendizado do conhecimento químico abordado. Outras duas figuras com potencial para gerar obstáculos epistemológicos foram observadas, uma no livro D e outra no livro E (Imagens 5 e 6, respectivamente). Mas dessa vez, baseando-se na definição de analogia adotada no presente trabalho, julgamos que tais figuras não se situam dentro de analogias.

Figura 5: Ilustração presente no livro D, em que se representa átomos sobre balanças.



Fonte: Livro D (p. 161).

O uso da ilustração apresentada na Figura 5 pode gerar um obstáculo unitário pois, ao usar a representação de balanças medindo a massa de átomos, os autores acabam explorando um único aspecto para dar veracidade ao enunciado “A massa do átomo de magnésio (Mg) é duas vezes maior que a do átomo de ¹²C” (Livro D, p. 161). Ou seja, a representação das balanças exibindo valores de massa é utilizada para figurar a noção de diferença de massa entre os átomos de Mg e C, mutilando por meio de simplificação um assunto que é mais complexo. Além disso, infere-se que de tal imagem pode gerar um obstáculo realista pois, de forma semelhante ao observado na analogia F1, átomos são representados como objetos visíveis e passíveis de manipulação.

Figura 6: Ilustração presente no Livro E, na qual é representado um cientista estereotipado “caçando” um átomo.



Fonte: Livro E (p. 305).

Na Figura 6, uma ilustração retirada do livro E em que se figura um cientista “à caça” de um átomo animado e, ao fundo do cenário, uma balança. Essa ilustração encontra-se disposta logo no início do capítulo 10 do livro E e não está atrelada

a nenhuma analogia ou qualquer enunciado do capítulo. A situação ilustrada pode gerar obstáculo epistemológico do tipo animista, já que são atribuídas vida e características biológicas a um átomo. De acordo com Bachelard (1996), imagens animistas atribuídas a fenômenos, a partículas e ao mundo microscópico são naturalizadas para aqueles em estágio de conhecimento pré-científico. Na concepção bachelardiana, a intuição animista é mais convincente, mesmo sendo falsa e acarretando a individualização do fenômeno.

Por fim, um ponto a se destacado a respeito dos seis livros analisados é o uso de alguns termos na orientação pré-tópico pouco apropriados para a explicitação da analogia. Frases iniciadas com “do mesmo modo que...”, “de modo idêntico...”, “da mesma forma”, por exemplo, podem confundir o estudante-leitor sobre que tipo relação comparativa se trata. No livro F, em particular, muitos termos indicativos de analogias são empregados pelo autor de forma desregrada sem fazer referência propriamente a relações analógicas.

Pelo prisma das categorias de análise e da literatura assumidos neste estudo, depreende-se que os resultados obtidos mostram que os livros A, B e C têm contribuição mais expressiva no que tange à qualidade das analogias na explicação do conteúdo-conceitual *quantidade de matéria* e *mol*. Em contrapartida, constatou-se que o uso das analogias abordadas nas obras D, E e F podem gerar obstáculos epistemológicos. Além disso, observou-se exposição de conteúdo de forma breve e, em alguns casos, erros conceituais ou carência de observações acerca de termos em desuso. As analogias desses três últimos livros analisados possuem baixa qualidade quando observadas à luz da classificação avaliativa utilizada neste trabalho.

Essa diferença de qualidade - observada em relação aos conjuntos de livros atuais (A, B e C) e antigos (D, E e F) - pode ser explicada pelo fato dos autores de livros didáticos de Ciências, por meio da cobrança de editais de seleção do PNL D, vêm se atentando quanto à forma adequada de aplicar relações analógicas nos modelos explicativos. Segundo Almeida (2020), nas últimas décadas, com destaque a partir dos anos 80 e 90, houve um considerável aumento de estudos relacionados às analogias no Ensino de Ciências, assim como o surgimento, em âmbito nacional, de linhas de pesquisa dedicadas a investigar o papel das analogias no processo de ensino e aprendizagem. Isso também pode estar relacionado com a intensificação e especialização da área de Ensino de Química no Brasil a partir da década de 1980, acompanhadas do aumento de pesquisas qualitativas e encontros científicos nessa área (Mól, 2017).

No presente trabalho, a comparação feita entre livros didáticos produzidos em diferentes períodos foi importante para evidenciar avanços na qualidade das analogias utilizadas para a explicação do conteúdo *quantidade de matéria* e sua unidade, o *mol*. Com isso, é possível perceber o quanto o emprego não sistematizado de uma analogia pode causar distorções no entendimento dos conceitos científicos e, de outro lado, o quanto o recurso analógico é importante para a assimilação de conceitos quando concebido de forma a superar limitações e obstáculos à aprendizagem (Francisco Junior, 2010).

Para Santos (2020), o uso de analogias no ensino tem grande potencial para a construção do conhecimento, agindo a partir de pontes entre estruturas familiares ao estudante e estruturas complexas (conceitos alvos). O autor destaca que, na construção das próprias teorias científicas, cientistas se valem do recurso analógico para facilitar a explicação de fenômenos ou “como mecanismos introdutórios para posteriormente serem substituídos pela estrutura de conceptualização científica” (Santos, 2020, p. 82).

Destacamos aqui que, apesar da importância das analogias, as mesmas são apenas um recurso de apoio nos processos de ensino e aprendizagem, assim como o próprio livro didático também o é. Dessa forma, acreditamos na necessidade da instrumentalização do docente, considerando sua importância no processo, para o uso crítico das analogias em sala de aula e para superação de possíveis obstáculos à aprendizagem. De acordo com Francisco Junior (2010), o professor pode empregar a analogia em salas de aula em uma abordagem problematizada e gerar discussões com os estudantes sobre as limitações da analogia utilizada:

[...] não é somente a analogia que contribui à formação desses obstáculos, mas o uso inadequado que delas se faz também é preponderante. Mesmo inadequada, é possível emprega-la adequadamente como fonte de problematização, configurando-se como uma atividade avaliativa na qual os estudantes deveriam apontar limitações. O professor conseguiria avaliar a compreensão do conceito estudado a partir da extensão das falhas que os estudantes são capazes de identificar (Francisco Junior, 2010, p. 82).

Assim, nesse sentido, espera-se que, com o uso sistematizado e crítico desse recurso pelo professor em sala de aula, o estudante consiga se apropriar do conhecimento científico apoiado nas relações feitas com o análogo (conceito domínio ou conceito familiar). Nesse caso, ao atingir o objetivo de apropriação do conhecimento, a analogia cumpre seu papel de ponte para a construção do conhecimento.

4. Considerações Finais

No presente trabalho, foi demonstrado, a partir de estudo comparativo entre livros didáticos de Química do Ensino Médio de diferentes épocas, que é possível observar avanços na qualidade das analogias utilizadas na explicação do conteúdo conceitual *quantidade de matéria* e sua unidade, o *mol*. Tendo como base tal resultado, assim como as reflexões feitas sobre o uso de analogias no Ensino de Ciências, conclui-se que este trabalho traz contribuições teóricas acerca do assunto. Para além desse patamar, também concede uma discussão de teor didático a partir da qual docentes possam se instrumentalizar quanto ao uso adequado e à importância das relações analógicas no letramento científico.

No âmbito do Ensino de Química, as discussões feitas nos remete à necessidade de um trabalho mais amplo, tanto na formação inicial quanto na continuada de professores de Química, sobre o uso e avaliação de linguagem analógica para o ensino de conceitos químicos. Sendo assim, apesar da existência de um número considerável de trabalhos sobre a temática, vários conhecimentos químicos, no qual o uso da linguagem analógica é utilizado, até o momento não foram estudados. Tal fato indica que mais pesquisas precisam ser realizadas, utilizando como objeto de estudo outros conhecimentos químicos, visando ampliar nosso conhecimento sobre a linguagem analógica empregada, em diferentes níveis de ensino, na disciplina de Química.

Referências

- Akçay, S. (2016). Analysis of analogy use in secondary Education Science textbooks in Turkey. *Educational Research and Reviews*, 11(19), 1841-1851.
- Almeida, H. A. & Lorencini Júnior, Á. (2020). Relações entre a teoria da transposição didática e as analogias no Ensino de Ciências. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11(6), 644-662.
- Almeida, H. A. (2020). *Planejamento para o uso de analogias no ensino: reflexões de professores de ciências e biologia em um contexto de formação continuada colaborativa*. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brasil.
- Andrade, B. L., Zylbersztajn, A., & Ferrari, N. (2000). As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. *Revista Ensaio*, 2(2), 182-192.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Bernardino, M. A. D. (2010). *As analogias do Livro Didático Público de Química do Estado do Paraná no processo ensino-aprendizagem*. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brasil.
- Bernardino, M. A. D., Rodrigues, M. A., & Bellini, L. M. (2013). Análise crítica das analogias do livro didático público de Química do Estado do Paraná. *Ciência & Educação*, 19(1), 135-150.
- Brasil. Ministério da Educação. (2017). *PNLD 2018: Química – guia de livros didáticos – ensino médio*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica.
- Carvalho, G. C., & Souza, C. L. (2003). *Química: de olho no mundo do trabalho* (Vol. único, 1a ed.). São Paulo: Editora Scipione.
- Cedran, J. C., & Santin Filho, O. (2019). Estrutura dos compostos orgânicos em livros didáticos de nível superior: análise sob a perspectiva de Bachelard. *Revista Exitus*, 9(4), 376-405.
- Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13, 99-117.

- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning Science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Feltre, R., & Setsuo, Y. (1974). *Química geral: teoria e exercícios* (Vol. 1). São Paulo: Editora Moderna, 1974.
- Francisco Junior, W. E. (2009). Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007. *Ciências & Cognição*, 14(1), 121-143.
- Francisco Junior, W. E. (2010). *Analogias e situações problematizadoras em aulas de ciências*. São Paulo: Pedro & João Editores.
- Francisco Junior, W. E.; Francisco, W. & Oliveira, A. C. G. (2012). Analogias em livros de Química Geral destinados ao ensino superior. *Revista Ensaio*, 14(3), 131-147.
- Gomes, H. J. P., & Oliveira, O. B. (2007). Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. *Ciências & Cognição*, 12, 96-109.
- Guerra, M. H. F. S., Vasconcelos, A. K. P., Sampaio, C. G., Sampaio, C. G., Saldanha, G. C. B., & Saldanha, G. C. B. (2019). Test about the Epistemological Obstacles presents in methodological strategies in Chemistry Teaching, a bibliography review. *Research, Society and Development*, 8(7), e15871113.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1993). Teaching with analogies: a case study in grade - 10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291-1307.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies (Cap. 2, pp. 11-24). Springer, Dordrecht.
- Hartwig, D. R., Souza, E., & Mota, R. N. (1999). *Química: Química Geral e Inorgânica* (Vol. 1, 1a ed.). São Paulo: Editora Scipione.
- Lara, M. S. (2014). *Elaboração de significados com analogias em atividades na sala de aula de Química*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.
- Lenat, D. B., Prakash, M., & Shepherd, M. (1985). CYC: Using common sense knowledge to overcome brittleness and knowledge acquisition bottlenecks. *AI Magazine*, 6(4), 65-85.
- Lima, M. A. M., & Marinelli, M. (2011). A epistemologia de Gaston Bachelard: uma ruptura com as filosofias do imobilismo. *Revista de Ciências Humanas*, 45(2), 393-406.
- Lisboa, J. C. F., Bruni, A. T., Nery, A. L. P., Liegel, R. M., & Aoki, V. L. M. (2016). Ser protagonista: Química (Vol. 1, 3a ed.). São Paulo: Edições SM.
- Lüdke, M., & André, M. E. D. A. (2013). *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas* (2a ed.) Rio de Janeiro: E.P.U..
- Marquardt, R., Meija, J., Mester, Z., Towns, M., Weir, R., Davis, R., & Stohner, J. (2018). Definition of the mol. *Pure and Applied Chemistry*, 90(1), 175-180.
- Melo, M. R., & Neto, E. G. L. (2013). Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em Química. *Química Nova na Escola*, 35(2), 112-122.
- Mól, G. S. (1999). *O uso de analogia no Ensino de Química*. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.
- Monteiro, I. G., & Justi, R. S. (2000). Analogias em livros didáticos de Química brasileiros destinados ao ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(2), 1-24.
- Mweshi, E., Munyati, O., & Nachiyunde, K. (2020). Teachers' Understanding of the Link between the Atomic Theory and the Mole Concept. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 24(3), 411-422.
- Nagem, R. L., Oliveira, D. C., & Teixeira, J. A. D. Y. (2001). Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. *Revista Portuguesa de Educação*, 14(1), 197-213.
- Novick, S., & Menis, J. (1976). A study of student perceptions of the mole concept. *Journal of Chemical Education*, 53(11), 720-722.
- Novais, V. L. D., & Antunes, M. T. (2016). *Vivá* (Vol. 1, 1a ed.). Curitiba: Positivo.
- Oppenheimer, R. (1956). Analogy in science. *American Psychologist*, 11(3), 127-135.
- Portela Filho, R. N. A. (2010). A epistemologia histórica de Gaston Bachelard. *Revista Pesquisa em Foco: Educação e Filosofia*, 3(3), 101-109.
- Rodrigues, N. A. O., Dapieve, D. F. S., Cunha, M. B., & Strieder, D. M. (2020). Epistemological obstacles in texts in magazines of Scientific Disclosure. *Research, Society and Development*, 9(8), e474985584.
- Rogado, J. (2004). A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre as dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação*, 10(1), 63-73.
- Santos, S. C. S. (2020). Uma reflexão sobre o uso de analogias no Ensino de Ciências e o desdobramento multimodal da realidade: o exemplo de tópicos da teoria da evolução biológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(2), 80-97.
- Santos, W. L. O., & Mól, G. S. (2016). *Química Cidadã* (Vol. 2, 3a ed.). São Paulo: Editora AJS.
- Silva, J. R. (2008). *A utilização de analogias e metáforas como recurso didático na compreensão do conteúdo de ligações químicas*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.
- Silva, R. R., & Rocha-Filho, R. C. (1995). Mól: uma nova terminologia. *Química Nova na Escola*, 11, 12-14.

- Stadler, J. P., Sousa Júnior, F. S., Gebara, M. J. F., & Hussein, F. R. G. S. (2012). Análise de obstáculos epistemológicos em livros didáticos de Química do ensino médio do PNLD 2012. *Holos*, 2, 234-243.
- Taber, K. S. (2001). When the analogy breaks down: modelling the atom on the solar system. *Physics Education*, 36(3), 222-226.
- Tesser, G. J. (1995). Principais linhas epistemológicas contemporâneas. *Educar*, 10, 91-98.
- Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 537-544.
- Thiele, R., & Treagust, D. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal Science of Education*, 17(6), 783-795.
- Trindade, D. J., Nagashima, L. A., & Andrade, C. C. (2019). Obstáculos epistemológicos sob a perspectiva de Bachelard. *Brazilian Journal of Development*, 5(10), 17829-17843.