

Análise de analogias para o ensino de modelos atômicos presentes nos livros didáticos do PNLD 2020

Analysis of analogies for teaching atomic models present in PNLD 2020 textbooks

Yana Bárbara da Silva Teixeira¹
Saulo César Seiffert Santos²

Resumo

As analogias buscam promover a compreensão de um conceito a partir de algo que é familiar. O uso das analogias clássicas para os modelos atômicos - bola de bilhar, pudim de passas e o sistema solar - tentam contribuir neste sentido e estão presentes em livros didáticos do 9º ano do Ensino Fundamental, aprovados no PNLD 2020. Esta pesquisa analisou tais analogias, classificando-as de acordo com a proposta de Curtis e Reigeluth (1984) e segundo o modelo TWA de Glynn (1989) para verificar o nível de enriquecimento. Por meio das análises, concluiu-se que as analogias não são apresentadas de forma adequada, seguindo a recomendação da literatura para a coerência com o contexto do aluno e o enriquecimento do recurso. Desse modo, o estudante pode não formar o conhecimento necessário para que aconteça o aprofundamento no Ensino Médio.

Palavras chave: analogias; livro didático; ensino de Química; modelos atômicos.

Abstract

Analogies seek to promote understanding of a concept from something familiar. The use of classic analogies for atomic models - billiard ball, raisin pudding, and the solar system - seeks to contribute in this sense and is present in textbooks of the 9th year of Elementary School, approved in the PNLD 2020. This research analyzed such analogies, classifying them according to the proposal by Curtis and Reigeluth (1984) and according to the TWA model by Glynn (1989) to verify the level of enrichment. Through the analyses, it was concluded that the analogies are not presented adequately, following the literature recommendation for coherence with the student's context and the enrichment of the resource. In this way, the student may not form the necessary knowledge for deepening in High School.

Keywords: analogies; textbook; Chemistry teaching; atomic models.

¹ Universidade Federal do Amazonas | ybarbarateixeira@gmail.com

² Universidade Federal do Amazonas | sauloseiffert@ufam.edu.br

Introdução

No ensino de Ciências, há vários meios didáticos, tais como as analogias, diagramas, equações, figuras, gráficos, modelos e simulações (TREAGUST, 2008). Meios esses que estão ligados a pesquisa sobre a aprendizagem e o ensino de Ciências. Melo e Paraguaçu (2021) também apontam a importância das analogias no Ensino de Ciências na análise dos artigos encontrados no banco de dados da CAPES e no Google Scholar, entre janeiro de 2014 e dezembro de 2019.

No entanto, há uma dificuldade na construção de certos conceitos científicos mais abstratos. Consoante a isso, as analogias são um recurso importante tanto para uso por professores quanto pelos materiais didáticos a fim de mediar a aprendizagem de domínios não familiares com base no que é familiar (FERRY, 2018).

A importância das analogias pode ser considerada no Ensino de Química no que se refere à compreensão da estrutura atômica. Existem diversos trabalhos, os quais serão discutidos aqui, que abordam a contribuição das analogias para este conteúdo, assim como os problemas envolvidos em seu uso.

Um problema pouco mencionado, mas que é preciso considerar, é o ensino do conteúdo de modelos atômicos no 9º do Ensino Fundamental. Este não é comumente ministrado por licenciados em Química, mas por profissionais de Ciências Naturais ou Biologia, que assumem o componente curricular Ciências nesta etapa. O censo do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) indica que 66% dos professores de Ciências dos anos finais do Ensino Fundamental apresentam formação superior de licenciatura na área da disciplina que leciona (BRASIL, 2022).

Com base nesses dados, entende-se que muitas vezes o professor da turma não tem total domínio sobre o tema e precisa recorrer a diferentes materiais. Ao usar o livro didático, pode encontrar dificuldades em entender, utilizar e explicar as analogias neles presentes para que a habilidade proposta seja desenvolvida e o aluno consiga prosseguir em seus estudos de forma adequada.

Ferry (2018) realiza uma análise de artigos de revisão sobre o uso de analogias nesta área da educação e aponta que a análise de analogias em livros didáticos de Ciências está entre os enfoques para as pesquisas, estando em 4º lugar. Entre estes trabalhos abordados, a pesquisa de Mozzer e Justi (2015) se destaca, pois identifica lacunas importantes, principalmente quanto o raro detalhamento das relações analógicas estabelecidas, o que é atribuído ao entendimento limitado das analogias.

Alvarenga et al (2018) apresenta a discussão das analogias e os modelos atômicos nos livros didáticos de Química aprovados no Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) do ciclo de 2015. Por meio da análise utilizando a Teoria de Mapeamento Estrutural, foram identificados equívocos e um enriquecimento pobre da analogia de sistema solar para o modelo atômico de Rutherford, a qual poderia contribuir efetivamente para o ensino se bem trabalhada. Além disso, os autores demonstram um histórico de pesquisas que se voltam para o estudo do uso de analogias em livros didáticos.

Portanto, entende-se que é necessário continuar contribuindo para as pesquisas sobre analogias em livros didáticos, uma vez que é inegável a importância destes materiais no ensino e das analogias para promover a aprendizagem. Bem como, é de relevância compreender se os materiais aprovados pelo PNLD, uma política pública, consideram as recomendações há muito presentes na literatura.

Nesse sentido, esta pesquisa tem por objetivo analisar as analogias utilizadas para o conteúdo de modelos atômicos nos livros didáticos do 9º ano do Ensino Fundamental aprovados pelo PNLD, no ano de 2020, a fim de identificar suas contribuições para formar o conhecimento que será aprofundado no Ensino Médio. Para isso, utiliza-se a classificação proposta de Curtis e Reigeluth (1984) e o modelo Teaching with analogies (TWA) de Glynn (1989) para verificar o nível de enriquecimento.

O papel das analogias no ensino

As analogias constituem um recurso muito importante no processo de ensino e aprendizagem a fim de facilitar a construção de uma concepção coerente, que possa evoluir de forma favorável a compreensão do conceito científico. As analogias são similaridades entre situações, entre conceitos, estabelecendo uma relação entre algo familiar e algo novo (CURTIS; REIGELUTH, 1984; GLYNN, 1989; GONZÁLEZ, 2005). Desta forma, pode-se destacar algumas características:

A analogia é, portanto, um recurso didático útil para aplicar nos processos de ensino-aprendizagem. Facilita a visualização de conceitos teóricos abstratos, permite organizar e contextualizar a informação, melhorando assim a memória, e favorece uma disposição positiva para a aprendizagem (GONZÁLEZ, 2005, p. 3).

Curtis e Reigeluth (1984) enfatizam que as analogias evocam imagens mentais de algo familiar, por isso a importância de que o veículo - conceito familiar - seja de fato conhecido pelo aluno, evitando confusão e concepções equivocadas. As imagens já existentes na estrutura cognitiva são essenciais quando não há um material físico disponível para mediar o conhecimento, uma vez que tornam mais fácil compreender aquilo que é novo por meio de comparações.

Glynn (1989) refere-se ao análogo como o conceito familiar para o aluno, enquanto o alvo é o conceito científico. De modo geral, quanto mais semelhanças existem entre o análogo e o alvo, melhor será a analogia, no entanto deve-se considerar a relevância e significado delas. Dessa forma, pode ser feita uma boa analogia com apenas uma semelhança de grande relevância.

É importante considerar esses aspectos, pois nem sempre os alunos estão familiarizados com o análogo utilizado. Conseqüentemente, a analogia não terá significado e poderá contribuir para a formação de concepções distantes do conhecimento científico, apesar das muitas similaridades com o alvo.

Segundo González (2005), é feita uma extrapolação no uso de analogias, uma vez que são desconsideradas certas características para enfatizar semelhanças relevantes entre os conceitos. Por isso, professores também deveriam explicar o que é uma analogia e o seu objetivo, de forma que seja compreendido que a analogia não é de fato o conceito científico, mas um recurso para entendê-lo, sendo necessário abandoná-la quando cumpre o seu papel.

Curtis e Reigeluth (1984) propuseram uma classificação das analogias considerando diversos aspectos, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação das analogias segundo Curtis e Reigeluth (1984).

Categoria	Tipo de analogia
Quanto ao tipo de relação analógica	Estruturais: quanto à forma física
	Funcionais: quanto à função
	Estruturais-funcionais: quanto às duas relações acima simultaneamente
Quanto ao formato de apresentação	Verbal: comunicação verbal-escrita
	Pictórica-verbal: comunicação visual (figuras)
Quanto à condição	Concreta-concreta: quanto a objetos
	Abstrata-abstrata: quanto às ideias abstratas
	Concreta-abstrata: quanto às duas relações acima simultaneamente
Quanto à posição	Início: a analogia é inserida no início da instrução
	Duração: a analogia é inserida durante a instrução
	Após: a analogia é inserida após a instrução
Quanto ao nível de enriquecimento	Simple: comparação simples e imediata
	Enriquecida: comparação com múltiplos detalhes
	Estendida: comparação com múltiplas analogias
Quanto a orientação pré-alvo	Descrever/explicar o análogo: para quando o análogo não é familiar para o aluno.
	Apresentar/identificar o análogo como estratégia cognitiva: explica o funcionamento da analogia
	Ambas: realiza as duas formas de orientação

Fonte: adaptado de Santos; Terán; Silva-Forsberg, 2011, p. 595-596.

Uma analogia pode ser enriquecida ao apresentar os fundamentos da relação análoga e suas limitações (CURTIS; REIGELUTH, 1984). Nesse sentido, Glynn (1989, 2007) propõe um modelo de ensino com analogias (TWA - Teaching with analogies) para que o professor possa se guiar para fazer analogias claras e bem desenvolvidas, seguindo alguns passos (GLYNN, 1989, p. 197 - tradução nossa):

- 1 - Introduzir o conceito alvo.
- 2 - Relembrar o conceito análogo.
- 3 - Identificar as características relevantes entre o alvo e o análogo.
- 4 - Mapear/conectar as similaridades entre o análogo e o alvo.
- 5 - Indicar o limite da analogia.
- 6 - Gerar conclusões sobre os conceitos.

González (2005) também aponta que é importante analisar as dificuldades que podem estar associadas ao processo de compreender a analogia e formar um conceito apropriado. Desse modo, o professor pode trabalhar para desenvolver a analogia da melhor forma, tornando-a clara para os estudantes.

Seguindo um modelo para o ensino com analogias, o professor pode sentir-se mais preparado para desenvolver esse recurso tão importante para a área do ensino de Ciências, o qual aborda diferentes conteúdos de alto nível de abstração. Porém, Glynn (2007) enfatiza que

[...] professores devem manter em mente que uma analogia é uma espada de dois gumes. Se usada cuidadosamente, pode tornar conceitos complicados significativos para os alunos; se usados descuidadamente, porém, pode fazer com que os alunos formem concepções alternativas (GLYNN, 2007, p. 53).

Os professores também precisam se preocupar com as analogias utilizadas nos livros didáticos, uma vez que esse é um recurso ainda muito utilizado e de grande contribuição para a apresentação de conceitos científicos (GLYNN, 1989; SANTOS; FERNANDES, 2020). Como aponta González (2005), nem sempre os autores dos livros explicam as relações entre análogo e alvo de forma explícita, deixando para que os alunos interpretem sozinhos, tendo a possibilidade de que estabeleçam conexões inadequadas.

O uso de analogias para modelos atômicos nos livros didáticos

O ensino de Química aborda conceitos bastante abstratos para os quais são utilizadas diversas analogias, pois envolvem fenômenos e espécies submicroscópicas; entre estes está o conceito de átomo.

O conteúdo de modelos atômicos é um dos principais para a compreensão dessa estrutura central na Química, sendo apresentado a partir dos estudos de John Dalton, Joseph John Thomson, Ernest Rutherford e Niels Bohr.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) orienta que este conteúdo esteja presente no currículo do 9º ano do Ensino Fundamental, no componente curricular Ciências - que contempla a Química, a Física e a Biologia -, segundo a habilidade (EF09CI03): "Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica" (BRASIL, 2017b, p. 303).

Este contato com o conteúdo é o momento em que o aluno começa a formar seu conhecimento. Já no Ensino Médio, a BNCC propõe o aprofundamento desse conhecimento, segundo o que é definido como uma finalidade desta etapa da Educação Básica pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) em seu Artigo 35: "a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos [...]" (BRASIL, 1996).

Logo, para desenvolver uma habilidade de maior nível durante o Ensino Médio, é necessário, em primeiro lugar, que o aluno já tenha adquirido a habilidade do 9º ano do Ensino Fundamental. Nisso está a importância de entender como o conteúdo está presente nesta etapa.

Para os modelos atômicos, existem analogias clássicas usadas tanto pelo professor quanto pelo livro didático: o modelo atômico de Dalton e a bola de bilhar, o modelo atômico de Thomson e o pudim de passas, modelo atômico de Rutherford e o sistema solar ou sistema planetário.

Santos, José e Alexandrino (2020) estudaram a abordagem dos trabalhos sobre analogias no Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), de 2008 a 2018, e no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) entre 1997 e 2019.

Entre os trabalhos do ENEQ que os autores apresentam, percebe-se a presença de pesquisas que se referem ao tema de modelos atômicos abordando as analogias para o conteúdo nos livros e a compreensão dos alunos (MUNARIN; MUNARIN, 2008; ALVARENGA et al, 2016; PAGANOTTI et al, 2016).

Em relação aos trabalhos do ENPEC, apenas um se destacou para os propósitos deste trabalho, sendo nele identificado o obstáculo verbal para a compreensão do átomo associado ao uso de analogias e metáforas (REIS; KIOURANIS; SILVEIRA, 2015).

Essas e outras pesquisas discutem também os aspectos negativos que podem estar associados ao uso de analogias, principalmente a não compreensão do conceito, pois o

aluno identifica relações errôneas entre o análogo e o alvo, ou ainda, mantém como seu modelo apenas a analogia não evoluindo para o conceito científico (ALVARENGA, et al, 2018; FERRY; MARCELOS, 2013; FERRY; AMARAL, 2013; SANTOS; FERNANDES, 2020; AMARAL; SOARES; MELO, 2020).

De modo geral, as pesquisas identificam um déficit no uso de analogias pelos professores e materiais didáticos e, como consequência, na compreensão do aluno sobre os modelos atômicos. Como forma de superar este problema, é possível identificar as seguintes recomendações: (a) o uso de analogias enriquecidas e coerentes com o contexto em que os discentes estão inseridos; e (b) o preparo do professor para trabalhar com este recurso.

Referente à recomendação (b), o professor pode fazer analogias para facilitar a compreensão ou mesmo identificá-las nos textos e ajudar os alunos a reconhecê-las e entendê-las, considerando semelhanças e diferenças entre análogo e alvo. Assim, o docente contribui para promover a construção de uma concepção adequada para a compreensão do conceito científico.

Porém, uma vez que não há o preparo, torna-se mais difícil que consigam elaborar analogias ou identificar formas de usar e melhorar aquelas presentes no material didático. Esse problema torna-se ainda maior quando se observa a realidade em que o conteúdo de modelos atômicos é ministrado.

Portanto, existe uma preocupação para que o livro didático consiga desenvolver melhores analogias para que o aluno compreenda e o docente seja capaz de trabalhá-las em sala de aula, atendendo a recomendação (a), indicada nas pesquisas.

Nesse sentido, a análise das analogias para o conteúdo de modelos atômicos, presentes nos livros didáticos do 9º ano do Ensino Fundamental aprovados pelo PNLD 2020, feita nesta pesquisa considera a recomendação (a) mencionada acima.

Aspectos metodológicos

Esta pesquisa é do tipo qualitativa e consiste em uma análise das obras para o componente curricular de Ciências, aprovadas no PNLD de 2020 para o 9º ano do Ensino Fundamental (Quadro 2), quanto ao uso de analogias para o conteúdo de modelos atômicos.

O PNLD é responsável por avaliar e disponibilizar gratuitamente nas escolas públicas obras didáticas, pedagógicas e literárias com objetivo de dar apoio didático pedagógico ao trabalho dos professores desde 1985 (BRASIL, 2017a).

Este programa visa distribuir materiais de qualidade para as instituições públicas, os quais são avaliados segundo alguns critérios tais como: o respeito à legislação, às diretrizes e às normas gerais da educação; a coerência e a adequação da abordagem teórico-metodológica; a correção e a atualização de conceitos, informações e procedimentos; a qualidade do texto e a adequação temática (BRASIL, 2017a), bem como a adequação às orientações da BNCC.

Nesse sentido, entende-se que as obras aprovadas são consideradas adequadas e de qualidade para contribuir para o ensino, com base nos critérios de análise estabelecidos. Por esse motivo, estes materiais foram escolhidos para análise nesta pesquisa.

Os livros receberam um código de LD1 a LD8 para facilitar sua identificação.

Quadro 2: Livros didáticos para o 9º ano aprovados no PNLD 2020 analisados na pesquisa.

Código	Livro
LD1	LOPES, S.; AUDINO, J. Inovar Ciências da Natureza. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.
LD2	USBERCO, J. et al. Companhia das Ciências. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.
LD3	HIRANAKA, R. A. B.; HORTENCIO, T. M. A. Inspire Ciências. 1. ed. São Paulo: FTD, 2018.
LD4	GODOY, L. P. Ciências Vida & Universo. 1. ed. São Paulo: FTD, 2018.
LD5	CANTO, E. L.; CANTO, L. C. Ciências naturais: aprendendo com o cotidiano. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2018.
LD6	CARNEVALLE, M. R. (org.). Araribá mais. 1. ed São Paulo: Moderna, 2018.
LD7	THOMPSON, M.; RIOS, E. P. (org.). Observatório de ciências. São Paulo: Moderna, 2018.
LD8	GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. Teláris Ciências. 3. ed. São Paulo: Ática, 2018.

Fonte: dados da pesquisa.

O modelo TWA, como apontado por Santos, José e Alexandrino (2020), é muito utilizado em pesquisas para analisar analogias em um material e compará-las com outros - o que é feito no trabalho de Santos; Terán; Silva-Forsberg (2011).

Nesse sentido, a metodologia se apresenta de forma semelhante ao que consta na literatura: i) foram identificadas as analogias referentes aos modelos atômicos presentes no LD1; ii) classificou-se as analogias conforme Curtis e Reigeluth (1984); iii) as analogias foram analisadas quanto ao nível de enriquecimento por meio do modelo TWA de Glynn (1989, 2007); iv) por fim, foi feita a comparação entre LD1 e os outros livros didáticos, buscando analisar as diferenças no uso das analogias para o conteúdo.

Resultados e Discussões

Analisando os livros, foi possível elaborar o Quadro 3, que se refere as quais analogias foram identificadas em cada um.

Quadro 3: Livros didáticos para o 9º ano aprovados no PNLD 2020 analisados na pesquisa.

Livros	Analogias		
	Bola de bilhar – modelo atômico de Dalton	Pudim de passas – modelo atômico de Thomson	Sistema solar – modelo atômico de Rutherford
LD1	X	X	x
LD2	-	X	x
LD3	-	X	-
LD4	-	X	-
LD5	-	-	-
LD6	-	-	-
LD7	-	-	-
LD8	-	-	-

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se que LD5, LD6, LD7 e LD8 não utilizam nenhuma das analogias, apresentando o tema de uma forma mais direta com uso de termos científicos, como pode-se verificar no excerto de LD6:

As observações de Rutherford e de outros pesquisadores contribuíram para a elaboração de um novo modelo atômico, segundo o qual as partículas com cargas elétricas positivas, chamadas de *prótons*, ficavam no centro do átomo, formando um núcleo denso, enquanto os elétrons, de massa muito menor que a dos prótons, estariam girando em torno do *núcleo*, descrevendo órbitas na região conhecida como *eletrosfera* (CARNEVALLE, 2018, p. 39, grifo dos autores).

Alguns livros didáticos não utilizam analogias, ou mesmo não as desenvolvem, pois os autores podem não se sentir confortáveis, uma vez que é necessário um conhecimento do tipo “saber fazer” para as analogias, o que é diferente de conseguir explicar bem um conteúdo (GLYNN, 1989).

Modelo atômico de Dalton

John Dalton entendeu os átomos, por meio de suas observações, como partículas de formato esférico, sendo maciças e indivisíveis, ou seja, eram estruturas compactas, sem apresentar espaços vazios e sem apresentar unidades menores em seu interior (FERRY; AMARAL, 2013). Considerando essa estrutura, a bola de bilhar foi utilizada como análogo, pois também é uma esfera maciça e indivisível.

A analogia da bola de bilhar é utilizada somente em LD1 e está presente em uma frase durante o texto e na legenda da imagem que o acompanha. A sua classificação é estrutural, pictórica-verbal, simples, concreta-abstrata e apresentada após a instrução sem orientação pré-alvo.

Esta analogia surge logo no início do tópico sobre os modelos atômicos, que começa com o modelo atômico proposto por Dalton. É dado um conceito breve, logo seguido pela analogia, sem descrevê-la e antes de aprofundar nas características do átomo (o alvo). Evidencia-se as informações verbais e pictóricas (Figura 1):

Dalton considerava os átomos estruturas maciças e indivisíveis, com aparência semelhante à de uma bola de bilhar [...] (LOPES; AUDINO, 2018, p. 177).

Figura 1 – Analogia pictórica-verbal para o modelo atômico de Dalton.



Segundo o modelo proposto por Dalton, os átomos seriam esferas maciças e indivisíveis, com aspecto semelhante ao de bolas de bilhar.

LOPES; AUDINO, 2018, p. 177.

Não é considerado que os alunos podem não ser familiares ao análogo, e nem aos termos utilizados para caracterizar o átomo - Ferry e Amaral (2013) apontam que os estudantes podem apresentar concepções distintas sobre indivisibilidade, associando este termo a indestrutibilidade. Em nenhum momento é indicado quais características da aparência do átomo são semelhantes à bola de bilhar.

Da mesma forma a analogia é apresentada na legenda da imagem, que mostra bolas de bilhar em uma mesa de sinuca a fim de enfatizar seu formato e trazer a memória o aspecto maciço e indivisível, mas também mostrando diferentes cores para as bolas - o que não é análogo ao átomo.

Por não serem evidenciadas as características do análogo e a correspondência no alvo, bem como não identificar as limitações da analogia, não foi possível realizar a análise por meio do modelo TWA.

Um motivo para essa abordagem superficial é a percepção de que o modelo atômico de Dalton é o mais simples e de fácil entendimento pelos alunos (PAGANOTTI et al, 2016; REIS; KIOURANIS; SILVEIRA, 2015), sendo geralmente a concepção atômica apresentada por eles. Na pesquisa de Ferry e Amaral (2013), observa-se que os alunos do Ensino Médio foram capazes de sugerir outros análogos - por exemplo, bola de gude - e identificar diferenças entre a bola de bilhar e o átomo, destacando-se a fala de um deles:

Eu concordo com essa analogia (mesmo não achando-a necessária) pois representa de forma perfeita o que propõe o modelo de Dalton; ela é maciça, indivisível e é uma esfera (FERRY; AMARAL, 2013, p. 1267).

Este modelo já é algo conhecido pelos alunos, pois esferas são comumente utilizadas pelos professores e materiais didáticos para representar o átomo durante toda a Educação Básica. No entanto, apesar da facilidade de associar o átomo a uma esfera, a bola de bilhar pode não ser um objeto de comum conhecimento entre os estudantes, o que a torna um domínio desconhecido e impacta na compreensão da analogia e do alvo.

O uso de analogia precisa considerar quaisquer aspectos que possam interferir na compreensão do alvo, por isso a importância de estabelecer quais são as características que se deseja comparar. Sem esclarecer limitações, podem surgir algumas concepções errôneas, como associar as cores e os desenhos na bola de bilhar ao átomo, uma vez que não são explícitas quais as semelhanças entre o análogo e o alvo (MUNARIN; MUNARIN, 2008).

Logo, entende-se que a recomendação (a) não foi atendida e, segundo a descrição de Glynn (1989), é feita uma má analogia, pois "é difícil identificar e mapear as características importantes compartilhadas pelo análogo e o alvo" (p. 197).

Modelo atômico de Thomson

Joseph John Thomson também considerava o átomo como uma esfera, porém identificou partículas de carga negativa como constituintes da estrutura atômica, as quais ele acreditava estarem dispersas em uma estrutura maior e de carga positiva, mantendo a neutralidade elétrica do átomo. Sua proposta foi alterada em 1904, quando Thomson propôs a existência de anéis, dentro da esfera de carga positiva e uniforme, onde estariam localizadas as partículas de carga negativa em movimento (FERRY; MARCELOS, 2013;

SANTOS; FERNANDES, 2020). No entanto, esse aspecto não é normalmente apresentado quando ocorrem estudos sobre o modelo proposto por este cientista.

Existe a associação entre pudim de passas e o modelo de Thomson, devido à similaridade identificada da distribuição de partículas de cargas negativas, denominadas elétrons, na esfera positiva e das passas na massa do pudim.

Em LD1, essa analogia é apresentada ao fim do conteúdo, após trazer aspectos breves sobre a descoberta do elétron e a instrução sobre a estrutura atômica proposta por Thomson, sendo descrita conforme o trecho abaixo:

O modelo de Thomson é conhecido como “modelo do pudim de passas”, em que a massa do pudim seria a esfera positiva, e as passas seriam as partículas negativas (LOPES; AUDINO, 2018, p. 178).

Tal analogia foi, portanto, classificada como estrutural, enriquecida, pictórica-verbal, concreto-abstrato e apresentada após a instrução sem orientação pré-alvo.

Esta foi a única das analogias clássicas que não foi apenas superficialmente mencionada, apresentando características do análogo correspondentes ao alvo; sendo a análise do seu enriquecimento, segundo o modelo TWA, demonstrada no Quadro 4.

Quadro 4: Análise da analogia do pudim de passas para o modelo atômico de Thomson segundo o modelo TWA.

Etapas do modelo TWA	Analogia
Conceito alvo	Átomo
Conceito análogo	Pudim de passas
Características relevantes entre alvo e análogo	Pudim de passas apresenta passas distribuídas pela massa
Similaridades entre alvo e análogo	Átomo, segundo Thomson, apresenta partículas negativas distribuídas por uma esfera positiva
Limites da analogia	-
Conclusões	-

Fonte: dados da pesquisa.

Considera-se que esta analogia é enriquecida por apresentar as similaridades que fundamentam a analogia, porém não define as limitações do recurso, o que pode levar a problemas já descritos por Munarin e Munarin (2008), Paganotti et al (2016) e Santos e Fernandes (2020) em que o aluno tende a entender o análogo e o alvo como o mesmo conceito, sendo a imagem um do outro.

Além da analogia ser apresentada no decorrer do texto expositivo, a mesma encontra-se reforçada na legenda das figuras comparativas entre o modelo atômico e o pudim de passas, incluídas logo após o uso da analogia.

Com isso, busca-se representar como os elétrons estão distribuídos por toda a esfera de carga positiva formando o átomo; da mesma maneira, observa-se a distribuição das passas, imersas na massa do pudim. A apresentação de ambas as imagens pode facilitar na compreensão das similaridades entre análogo e alvo na Figura 2. Chama a atenção o cuidado descritivo da imagem A, em informar ser de tamanho desproporcional e uso de cores fantasia, o que não reforça relações físicas equivocadas.

Figura 2 – Imagens comparativas entre o modelo atômico de Thomson e o pudim de passas.



(A) Representação esquemática do modelo de Thomson, em que o átomo é uma esfera de carga positiva, com partículas de carga negativa incrustadas, os elétrons. Elementos representados em tamanhos não proporcionais entre si. Cores fantasia. (B) Fotografia de um pudim de passas, no qual elas estão imersas, como os elétrons estariam na esfera positiva, segundo o modelo de Thomson.

LOPES; AUDINO, 2018, p. 178.

Curtis e Reigeluth (1984) apontam que o uso de imagens, constituindo uma analogia pictórica-verbal, de fato reforça a analogia. Isto fornece uma forma para o estudante visualizar o que está sendo comparado e ter mais facilidade em identificar as semelhanças, sem depender somente de sua própria mente para formar uma imagem - como acontece com analogias verbais.

Das análises feitas para todas as analogias clássicas, observa-se que esta foi a melhor trabalhada e se constitui num recurso importante no livro didático para entender o modelo abordado. Isso também é observado por Alvarenga et al (2016), que realizaram o mapeamento estrutural da analogia do pudim de passas para o modelo atômico de Thomson e concluíram que há grande potencialidade para contribuir na compreensão dos alunos, quando utilizada de forma adequada, devido às relações identificadas entre análogo e alvo, especialmente entre os elétrons e as passas - a relação normalmente em foco nos livros didáticos e aulas.

No entanto, sem o esclarecimento das similaridades e a definição de limitações, pode-se encontrar os problemas identificados por Ferry e Marcelos (2013) em sua pesquisa com alunos do Ensino Médio. Os autores demonstram que mesmo que alguns alunos consigam formar um bom conceito, ainda ocorrem muitas confusões com o uso dessa analogia, sendo evidenciada uma concepção de que os elétrons estão distribuídos apenas superficialmente no átomo - sendo até mesmo sugerida uma comparação com um brigadeiro - e uma dificuldade de diferenciar o que representa a carga positiva e o que representa a carga negativa no átomo. Os autores apontam que a maior diferença identificada pelos estudantes se refere ao formato do pudim e do átomo, que é esférico.

Glynn (1989) afirma que um motivo para isso é a pouca familiaridade de muitos alunos com o análogo, indicando o uso de algo mais familiar como o sorvete com gotas de chocolate. Para os alunos brasileiros, o formato é ainda um problema maior, uma vez que, no Brasil, este doce apresenta um furo no centro, o que é incluído pelos estudantes em suas representações (MUNARIN; MUNARIN, 2008; PAGANOTTI et al, 2016; SANTOS, FERNANDES, 2020).

Por isso, além do uso de imagens, "a analogia poderia ser mais bem compreendida caso o domínio análogo fosse descrito verbalmente também [...]" (AMARAL; SOARES; MELO, 2020, p. 1028), para que seja possível compreender do que se trata o pudim de passas e como é um análogo ao átomo proposto por Thomson.

Quanto às analogias observadas nos outros livros didáticos, observam-se algumas distinções. Em LD2 e LD3, considera-se que não é de fato feita uma analogia, mas sim uma associação sem realizar maiores discussões: “O próprio Thomson associou o seu modelo a um “pudim de passas” em 1897” (USBERCO, 2018, p. 124).

Porém, é importante ressaltar que LD3 foi o único livro didático que evidenciou o movimento dos elétrons proposto por Thomson e que formulou uma certa orientação sobre o que seria o pudim de passas: “Este modelo ficou conhecido com o nome de um doce tradicional inglês, o *plum pudding* (um tipo de bolo de ameixas)” (HIRANAKA, HORTENCIO, 2018, p. 88). Isto, contudo, não foi considerado uma orientação pré-alvo, uma vez que não houve de fato uma descrição do análogo.

Em LD4, a classificação se mantém a mesma, exceto que se pode considerá-la como enriquecida/estendida, uma vez que utiliza como análogo o pudim de passas e a melancia, para a qual são identificadas as similaridades estabelecidas.

De acordo com as características observadas nos experimentos que também realizou com gases, Thomson nomeou as partículas de carga negativa de elétrons e propôs um modelo que consistia em uma esfera carregada positivamente, na qual os elétrons estavam mergulhados nela, como sementes em uma melancia ou como ficou conhecido este modelo, um “pudim de passas” (GODOY, 2018, p. 25).

A análise do enriquecimento, segundo o modelo TWA, observado para a analogia da melancia com o modelo atômico é apresentada no Quadro 5.

Quadro 5: Análise da analogia de melancia para o modelo atômico de Thomson segundo o modelo TWA.

Etapas do modelo TWA	Analogia
Conceito alvo	Átomo
Conceito análogo	Melancia
Características relevantes entre alvo e análogo	Melancia apresenta sementes distribuídas pela fruta
Similaridades entre alvo e análogo	Átomo, segundo Thomson, apresenta partículas negativas distribuídas por uma esfera positiva
Limites da analogia	-
Conclusões	-

Fonte: dados da pesquisa.

Observa-se que a analogia apresenta relações semelhantes às estabelecidas para o pudim de passas e o átomo, constituindo um bom análogo e sendo familiar para os alunos brasileiros. Além disso, Santos e Fernandes (2020) apontam que a forma da melancia também colabora para uma compreensão do alvo. Seu uso, portanto, apresenta grande potencial para o ensino do modelo atômico de Thomson.

Com base no exposto, é possível concluir que o uso da analogia clássica do pudim de passas ainda não segue totalmente a recomendação (a), identificada na literatura, porém já existem indícios de um enriquecimento e até mesmo o uso de um análogo melhor para o contexto brasileiro.

Modelo atômico de Rutherford

Ernest Rutherford propõe uma estrutura atômica em que podem ser identificadas duas regiões: o núcleo, onde estão as partículas de carga positiva chamadas de prótons, e a eletrosfera, anéis onde estão distribuídos os elétrons em movimento. Com base nisso, esse modelo é associado ao Sistema Solar, uma vez que a disposição dos planetas, movendo-se ao redor do Sol, é semelhante à estrutura proposta, além de outros aspectos que podem ser considerados.

Em LD1, pode-se identificar o termo “planetário” após as observações feitas sobre o experimento de Rutherford e antes de caracterizar as regiões do átomo definidas pelo cientista. Contudo, não se apresenta o sistema solar ou outro sistema planetário como um análogo a estrutura atômica proposta por Rutherford, mas como uma segunda denominação recebida pelo modelo.

O modelo atômico de Rutherford é conhecido como “modelo planetário” (LOPES; AUDINO, 2018, p. 179).

Portanto, não foi possível fazer uma classificação de acordo com os aspectos definidos por Curtis e Reigeluth (1984) para LD1; somente para LD2, sem também atender a recomendação (a). A analogia é apresentada após as conclusões feitas por meio do experimento de Rutherford e antes de caracterizar a estrutura atômica, definido núcleo e eletrosfera.

Este é o único outro livro didático que apresenta o termo e realiza uma relação analógica estrutural, sendo simples, abstrata-abstrata, no início da instrução e sem orientação pré-alvo.

As conclusões iniciais de Rutherford permitiram a criação de um modelo atômico semelhante à disposição dos planetas no Sistema Solar (USBERCO, 2018, p. 127).

Devido à falta de imagens, poderia ser classificada como um símile, porém a comparação é considerada uma analogia devido ao destaque de “à disposição” dos planetas, o que permite várias relações comparativas quanto ao posicionamento espacial dos elétrons.

Além disso, a falta de especificação sobre as características do análogo que se assemelham ao átomo não possibilitou a análise segundo o modelo TWA. A ausência da descrição e de imagens de apoio deixam que o aluno compreenda sozinho que os planetas se movem ao redor do Sol de forma semelhante aos elétrons se movimentando em torno do núcleo, o que muitas vezes não pode ser percebido sem orientação do professor.

Analogias construídas dessa maneira são mais suscetíveis a contribuir para concepções inadequadas, pois os alunos são encarregados de identificar de que forma a estrutura atômica se assemelha à disposição dos planetas no Sistema Solar. Munarin e Munarin (2008) demonstram em sua pesquisa que nem sempre os estudantes conseguem pensar analogicamente os dois conceitos, levando a concepções como: “Os planetas são os átomos e em volta os elétrons”.

Ainda, pode acontecer a mesma confusão mencionada para o modelo atômico de Thomson, em que o aluno transfere conceitos do análogo para o alvo até mesmo assumindo que um é o outro, o que acontece devido à falta de enriquecimento da analogia, sem discussões sobre as semelhanças e limitações. Isso foi constatado por Paganotti et al

(2016) em sua pesquisa, em que o aluno representou o átomo de Rutherford apresentando um Sol em seu centro.

É necessário enfatizar que, apesar de seu uso ineficiente nas análises feitas, Alvarenga et al (2018) realizaram um mapeamento estrutural para a analogia entre Sistema Solar e o modelo atômico de Rutherford e observaram que há grande potencial para o ensino, uma vez que as relações analógicas são significativas para compreender a disposição e o movimento de elétrons na eletrosfera, bem como a diferença de tamanho e massa entre os elétrons e o núcleo, e o espaço existente entre essas duas regiões. O uso também da similaridade do movimento classificaria a analogia como funcional-estrutural, segundo Amaral, Soares e Melo (2020), permitindo compreensão de aspectos do modelo atômico.

formatação já incluem os espaços entre parágrafos padronizados.

Dessa forma, é plausível supor que apresentar essa analogia de forma enriquecida, como recomenda a literatura, seria determinante para uma representação adequada desse modelo atômico.

Considerações finais

As analogias são consideradas recursos importantes para ajudar o aluno a compreender conceitos a partir de algo que lhe é familiar. Os autores dos livros LD1, LD2, LD3 e LD4 buscam utilizar esse recurso para auxiliar na compreensão, tentando promover a aprendizagem do conceito por meio de aspectos conhecidos pelos estudantes. Esta missão não é simples, em especial para uma estrutura tão abstrata e tão central na Química: o átomo.

A análise das analogias clássicas para os modelos atômicos - bola de bilhar, pudim de passas e sistema solar - dos livros didáticos do PNLD 2020 para o 9º ano do Ensino Fundamental indica, em geral, o uso de analogias simples e sem orientação pré-alvo.

A orientação pré-alvo é geralmente deixada de lado, porque se assume que os alunos conhecem o análogo e como realizar uma relação analógica (CURTIS; REIGELUTH, 1984). Contudo, seguindo a recomendação da literatura, os conceitos devem ser associados a análogos mais familiares aos alunos e a analogia deve ser enriquecida ao tornar explícitas as semelhanças consideradas entre análogo e alvo, e discutir as limitações da relação analógica. Essas recomendações evitam que o aluno precise interpretar sozinho a analogia e faça associações inadequadas, podendo até mesmo considerar que o análogo e alvo são o mesmo, substituindo um pelo outro.

A forma de apresentação identificada nos livros didáticos não considera tais recomendações e não contribui para formação de conceitos a serem aprofundados no Ensino Médio, o que é entendido como o propósito da continuidade de conteúdos entre as séries, segundo a nova proposta curricular e pedagógica.

Com base nisso, este pode ser um motivo que explique porque os alunos têm maior facilidade em manter em sua mente uma concepção a partir do modelo de Dalton - considerado mais simples -, mesmo que o represente utilizando o modelo atômico de Rutherford - sendo comum inadequações -, sem chegar a compreender muitos aspectos dessa estrutura (PAGANOTTI et al, 2016).

Consequentemente, existe uma preocupação e é importante que os livros didáticos desenvolvam de forma mais adequada as analogias, sem repetir erros descritos na literatura há muito tempo. Para que isso seja possível, considera-se que o modelo TWA de Glynn

(1989, 2007) e outros que abordam a estrutura e o uso de analogias são conhecimentos relevantes para autores, a fim de que a construção da analogia seja significativa para a compreensão dos alunos.

Porém, é importante considerar que uma razão para a superficialidade percebida nas analogias está no objetivo explicativo do livro didático, de forma que o autor busca expor conceitos de forma compreensível, muitas vezes com um pequeno espaço para desenvolver os temas. Logo, a missão de trabalhar os recursos que os autores tentaram utilizar para auxiliar recai sobre os docentes ou próprios alunos.

Por isso, modelos sobre a estrutura e uso adequado de analogias são imprescindíveis no processo formativo de professores para que sejam capazes de analisar criticamente as analogias presentes em materiais didáticos e promover seu enriquecimento em sala de aula.

Referências

- AMARAL, L. de O.; SOARES, S. M.; MELO, M. S. Utilização de analogias em seis livros didáticos de Química aprovados no Programa Nacional do Livro Didático 2018: uma análise sobre estrutura atômica. *Revista Prática Docente*, v. 5, n. 2, p. 1019-1039, 2020. DOI: 10.23926/RPD.2526-2149.2020.v5.n2.p1019-1039.id687. Disponível em: <https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/446>. Acesso em: 31 mar. 2023.
- ALVARENGA, G. R. *et al.* Análise de Comparações associadas às Teorias Atômicas presentes em Livros Didáticos de Química do PNLD 2015, a partir da Teoria do Mapeamento Estrutural de Gentner. *In: FERRY, A. S. Pesquisas sobre analogias no contexto da educação em Ciências à luz da Teoria do Mapeamento Estrutural (structure-mapping theory)*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.
- ALVARENGA, G. R. *et al.* Análise de uma analogia presente nos livros didáticos de Química do PNLD 2015: o modelo atômico de Thomson e um pudim de passas. *In: Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)*, 18, 2016, Florianópolis. *Anais [...]*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/trabalhos.htm>. Acesso em: 31 mar. 2023.
- BRASIL. Lei nº 9.099, de 18 de Julho de 2017. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático. *Diário Oficial da União*, seção 1, Brasília, DF, p. 7, 19 jul. 2017.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Resumo Técnico: Censo Escolar da Educação Básica 2021**. Brasília: Inep, 2022.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*, seção 1, Brasília, DF, p. 27833, 23 dez. 1996.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília, 2017.
- CANTO, E. L. CANTO, L. C. **Ciências naturais: aprendendo com o cotidiano**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2018.
- CARNEVALLE, M. R. (org.). **Araribá mais**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2018.
- CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. *Instructional Science*, v. 13, p. 99-117, 1984.

FERRY, A. S.; AMARAL, S. E. Concepções de estudantes acerca de analogias elaboradas para o ensino de teorias atômicas: o modelo de Dalton e a bola de bilhar. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 1262-1268, 2013. Disponível em:

<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307145>. Acesso em: 31 mar. 2023.

FERRY, A. S.; MARCELOS, M. F. Concepções de estudantes acerca de analogias elaboradas para o ensino de teorias atômicas: o modelo de Thomson e um pudim de ameixas.

Enseñanza de las ciencias, n. Extra, p. 1269-1275, 2013. Disponível em:

<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/307140>. Acesso em: 31 mar. 2023.

FERRY, A. S. Pesquisas sobre analogias no contexto da Educação em Ciências. *In*: FERRY, A. S. (org.). **Pesquisas sobre analogias no contexto da educação em Ciências à luz da Teoria do Mapeamento Estrutural (structure-mapping theory)**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. **Teláris Ciências**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2018.

GLYNN, S. The Teaching-With-Analogies Model. **Science and Children**, v. 44, n. 8, p. 52-55, abr./mai. 2007.

GLYNN, S. The Teaching with Analogies Model. *In*: MUTH, K. D. (ed.). **Children's Comprehension of Text: Research into Practice**. Newark: International Reading Association, 1989, p. 185-204.

GODOY, L. P. **Ciências Vida & Universo**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2018.

GONZÁLEZ, B. M. G. El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales. **Revista Iberoamericana de educación**, v. 37, n. 2, p. 1-15, 2005. DOI:

<https://doi.org/10.35362/rie3722716>. Disponível em: <https://rieoei.org/RIE/article/view/2716>.

Acesso em: 31 mar. 2023.

HIRANAKA, R. A. B.; HORTENCIO, T. M. A. **Inspire Ciências**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2018.

LOPES, S.; AUDINO, J. **Inovar Ciências da Natureza**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

MELO, M. S.; PARAGUAÇU, F. Uma revisão de literatura sobre o uso das analogias no ensino de Ciência e Matemática. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 1-19, 2021. DOI: 10.26843/rencima.v12n4a35. Disponível em:

<https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2823>. Acesso em: 31 mar. 2023.

MUNARIN, K. O.; MUNARIN, E. E. O. Uma Análise Crítica das Analogias “Bola de Bilhar”, “Pudim de Passas” e “Sistema Solar” Utilizadas para o Ensino de Química em Modelos Atômicos. *In*: Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), 14, 2008, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2008. Disponível em:

<http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/trabalhos.htm>. Acesso em: 31 mar. 2023.

OLIVEIRA, T. M. A.; MOZZER, N. B. Os conhecimentos de futuras professoras de Química sobre o uso de analogias no ensino: influências de um processo formativo. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 22, n. 1, p. 26-50, 2023. Disponível em:

http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC_older_es.htm. Acesso em: 31 mar. 2023.

PAGANOTTI, R. S. N. *et al.* Concepções químicas dos alunos do Ensino Médio de escolas mineiras sobre modelos atômicos e o ensino de Química. *In*: Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ), 18, 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de

Santa Catarina (UFSC), 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/trabalhos.htm>. Acesso em: 31 mar. 2023.

REIS, J. M. C. KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. P. Conceito de átomo: obstáculos epistemológicos e o processo de ensino e aprendizagem. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, 10, 2015, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Águas de Lindóia: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), 2015. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/x-enpec/anais2015/trabalhos.htm>. Acesso em: 31 mar. 2023.

SANTOS, D. L.; FERNANDES, G. W. R. O Modelo Atômico de Thomson: um estudo sobre o livro didático, estratégia docente e concepção dos alunos. **REnCiMa**, v. 11, n. 6, p. 624-643, 2020. DOI: 10.26843/rencima.v11i6.2548. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2548>. Acesso em: 31 mar. 2023.

SANTOS, M. G.; JOSÉ, W. D.; ALEXANDRINO, D. M. Analogias e metáforas no ensino de Química: um estudo da abordagem dos trabalhos publicados no ENPEC e no ENEQ. *In: Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)*, 20, 2020, Recife. **Anais [...]**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE/UFPE), 2020. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/eneqpe2020/247870-analogias-e-metaforas-no-ensino-de-quimica--um-estudo-da-abordagem-dos-trabalhos-publicados-no-enpec-e-no-eneq/>. Acesso em: 31 mar. 2023.

SANTOS, S. C. S.; TERÁN, A. F.; SILVA-FORSBERG, M. C. ANALOGIAS EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA NO ENSINO DE ZOOLOGIA. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 591-603, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/264>. Acesso em: 26 dez. 2023.

THOMPSON, M.; RIOS, E. P. (org.). **Observatório de Ciências**. São Paulo: Moderna, 2018.

TREAGUST, D. F. The Role of Multiple Representations in Learning Science: Enhancing Students' Conceptual Understanding and Motivation. *In: LEE, Y.; TAN, A. (ed.). Science Education at the Nexus of Theory and Practice*. Sense Publishers, 2008.

USBERCO, J. *et al.* **Companhia das Ciências**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2018.