



SEÇÃO DOSSIÊ TEMÁTICO

Modelagem analógica para o ensino de estequiometria química a estudantes com deficiência visual: o recurso didático do sanduíche estequiométrico

Analog modeling for teaching chemical stoichiometry to visually impaired students: the stoichiometric sandwich's didactic resource

Alexandre da Silva Ferry¹
Núbia Silva Schmidt²
Luciana Paula de Assis³

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo, por meio da elaboração de um recurso didático inclusivo fundamentado em modelagem analógica, promover estratégias de acessibilidade pedagógica a estudantes com deficiência visual no ensino de estequiometria química. Além de desafiador e complexo para a aprendizagem, esse é um dos tópicos de conteúdo da Química que mais envolve o emprego de analogias. Metodologicamente, elaboramos um modelo didático físico, manipulável, com relevo e texturas, fundamentado em uma analogia que compara uma situação hipotética de montagem de sanduíches envolvendo quantidades específicas de ingredientes às relações estequiométricas entre a quantidade de produtos formados a partir de reagentes em excesso e de um reagente limitante. Essa analogia foi analisada à luz da Teoria do Mapeamento Estrutural, e o modelo analógico, apresentado a um professor cego de Química em uma entrevista semiestruturada. O estudo revelou que o modelo analógico proposto é estruturalmente consistente, possui o devido foco sobre as relações estequiométricas pretendidas, é sistemático, envolve correspondência de alta similaridade semântica e é pragmaticamente adequado para o ensino de estequiometria, além de apresentar alto potencial para a mediação didática envolvendo estudantes com deficiência visual.

Palavras-chave: Modelos. Analogias. Modelagem Analógica. Ensino de Química. Recurso Didático Inclusivo.

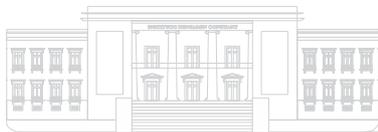
ABSTRACT

This work aims, through the development of an inclusive didactic resource based on analog modeling, to promote pedagogical accessibility strategies for students with visual impairments in the teaching of chemical stoichiometry. This is one of Chemistry topics that most involves the use of analogies, besides being challenging and complex for learning.

1 Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) – Belo Horizonte, MG, Brasil
Doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
E-mail: alexandreferry@cefetmg.br

2 Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte, MG, Brasil
Mestra em Educação Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)
E-mail: nubia.silva1980@gmail.com

3 Secretaria de Educação de Minas Gerais – Belo Horizonte, MG, Brasil
Mestra em Educação Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)
E-mail: lucianapauladeassis@gmail.com



Methodologically, we developed a physical didactic model, manipulable, with high relief and textures, based on an analogy that compares the hypothetical situation of sandwich assembly involving specific amounts of ingredients to the stoichiometric relationships between the products' quantities formed from excess reagents and a limiting reagent. We used the Structural Mapping Theory to analyze that analogy. Then, we present the analog model constructed to a blind chemistry teacher in a semi-structured interview. The study revealed that the proposed analog model is structurally consistent, it has appropriate focus on the intended stoichiometric relationships, it is systematic, it involves high semantic similarity correspondence, it is pragmatically suitable for teaching stoichiometry and also presents high potential for didactic mediation involving students with visual impairment.

Keywords: Models. Analogies. Analog Modeling. Chemistry Teaching. Inclusive Didactic Resource.

Introdução

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996), o artigo 59 estabelece que os “sistemas de ensino assegurarão aos educandos com necessidades especiais: I — currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos, para atender às suas necessidades”.

No entanto, a mera existência dessa norma não garante que a escola esteja preparada para o seu efetivo cumprimento. A inserção de estudantes com deficiência visual em classe regular de ensino é manifestamente encarada, por parte da comunidade escolar, como um problema para a prática docente. Segundo Mantoan (2003, p. 27), “a inclusão pegou as escolas de calças curtas — isso é irrefutável”.

Em uma sala de aula dificilmente haverá uma homogeneidade entre os estudantes; eles não possuem a mesma personalidade, as mesmas habilidades, o mesmo ritmo de aprendizagem. Os professores sempre estarão diante de alunos que demandam práticas educativas capazes de atender às pluralidades da turma. Entendemos que tal desafio pode e deve contemplar também o atendimento das necessidades e especificidades dos estudantes com deficiência visual.

Na Educação em Ciências, para o aluno vidente, a Química já é estereotipada como um componente curricular de difícil aprendizagem, que envolve teorias, conceitos e modelos demasiadamente complexos que demandam alto grau de abstração. Para o estudante com deficiência visual agrega-se, entre outros fatores, a ausência de recursos didáticos inclusivos, o que prejudica o acesso desse público (DUARTE; ROSSI, 2021). Conforme Raposo e Mól (2010), a produção de recursos para serem explorados didaticamente com alunos cegos pode favorecer um processo inclusivo em que todos participam e, conseqüentemente, aprendem.



Provavelmente, em nenhum outro contexto de ensino o uso de recursos didáticos que explorem o tato assume tanta importância como na educação voltada para estudantes com deficiência visual. Nesse sentido, a escolha de recursos físicos, concretos e manipuláveis desempenham um relevante papel na mediação dos processos de compartilhamento e construção de significados no plano social da sala de aula. Entre os diversos recursos normalmente disponíveis para esses processos existem os modelos, que são, em muitos casos, objetos concretos e acessíveis pelo tato. No entanto,

A formação de professores tem dado pouca atenção à chamada educação inclusiva, de modo geral, e à educação para pessoas com deficiência visual, em particular. **Carência semelhante acontece com a proposição de materiais didáticos** e atividades vinculados ao ensino de química a serem explorados em contextos com deficientes visuais. (GONÇALVES *et al.*, 2013, p. 264, grifo nosso)

Sobre os materiais didáticos baseados em modelagem para o ensino de Ciências, Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001) apontam que as diferenças entre as várias representações idiosincráticas que os alunos constroem sobre o mundo e as correspondentes representações científicas se apresentam como uma das causas de dificuldade na aprendizagem nessa área de conhecimento. Tal consideração nos leva a refletir sobre a relevância do uso de modelos adequados para uma mediação pedagógica capaz de mitigar tais diferenças, incluindo a mediação feita a estudantes com deficiência visual.

Greca e Moreira (2002) consideram os modelos como ferramentas pedagógicas fundamentais no favorecimento do entendimento e compreensão do funcionamento de sistemas que são “retirados” da realidade. Todavia, além desse recurso, no ensino de Ciências é bastante comum o uso de analogias como recurso didático (FERRY, 2016). Conforme a Teoria do Mapeamento Estrutural de Gentner (1983), as analogias se configuram como um tipo de comparação estabelecida para se explicar, compreender e produzir inferências sobre um domínio desconhecido ou pouco conhecido a partir do que se sabe sobre outro domínio, mais conhecido e familiar, com base nas correspondências entre aspectos relacionais similares em ambos os domínios.

A questão abordada no presente trabalho relaciona o papel dos modelos na educação inclusiva de estudantes com deficiência visual ao uso de analogias no processo de mediação. Nesse sentido, a fim de promover estratégias de acessibilidade pedagógica a estudantes com deficiência visual no ensino de Química, o seguinte questionamento foi fundamental: quais contribuições e implicações pedagógicas a modelagem analógica oferece para o ensino inclusivo de Ciências a estudantes com deficiência visual?



Na busca por uma resposta, o objetivo deste trabalho consistiu especificamente em analisar aspectos estruturais, semânticos e pragmáticos de uma analogia usada como fundamento da construção de um modelo didático elaborado para o ensino de estequiometria química a estudantes com deficiência visual para, assim, discutir contribuições da modelagem analógica para as práticas educativas inclusivas.

2 Analogias e modelos na educação em Ciências

Oliva-Martínez e Aragón-Méndez (2009) ressaltam o papel fundamental que os modelos desempenham na Ciência, no currículo de Ciências e na aprendizagem dos alunos. Giere e Blanchet (1992), Ingham e Gilbert (1991) e Morrison e Morgan (1999) consideram os modelos instrumentos mediadores entre realidade e teoria, de tal modo que podem ser considerados, na relação com as hipóteses e fenômenos que explicam a base das teorias científicas, representações simplificadas de sistemas físicos com a atenção concentrada em aspectos específicos deles.

Semelhantemente, Gilbert e Boulter (1998) consideram um modelo a representação parcial de uma ideia, um objeto, um evento, um processo ou um sistema. Para esses autores, os modelos constituem uma parte fundamental das narrativas da Educação em Ciências, sobretudo como consequência das várias tipologias que podem ser construídas a respeito. Esses autores atestam ser possível diferenciá-las entre sistema-alvo (aquilo que existe na experiência coletiva e que é objeto da representação); modelo mental (uma representação pessoal e privada de um alvo); modelo expresso (uma versão do modelo mental expressa por um indivíduo por meio de ação, fala ou escrita); modelo consensual (um modelo expresso submetido a teste por um grupo social, pertencente à comunidade científica, sobre o qual se concorda que apresenta algum mérito); e modelo pedagógico (um modelo especialmente construído e usado para auxiliar a compreensão de um modelo consensual).

Apoiados nesse referencial, no contexto das Ciências e da Educação em Ciências, assumimos, neste trabalho, que os modelos são criações humanas produzidas com a finalidade de representar parcialmente entidades de interesse científico – sistemas, partículas, estruturas, fenômenos, processos etc. –, sendo passíveis de modificações conforme os objetivos da modelagem e as evoluções do nosso conhecimento sobre o que está sendo modelado.

Nessa lógica, é preciso entender que o processo de modelagem requer uma série de procedimentos que perpassam pela observação cuidadosa da situação ou fenômeno a ser modelado, pela interpretação da experiência realizada e pela captação do significado compartilhado (BIEMBENGUT, 2012).



De acordo com Bassanezi (2002), a modelagem pode ser considerada um dos caminhos pedagógicos que desperta maior interesse, que amplia o conhecimento dos alunos e que os auxilia a estruturar a maneira como eles pensam, raciocinam e agem. Para Justi e Gilbert (2002), o processo de modelagem compreende uma série de etapas cíclicas e recorrentes: decidir o objetivo do trabalho de modelagem; selecionar a fonte do modelo; produzir um modelo mental; decidir o tipo de representação (material, visual, verbal, matemática); realizar experimentos mentais ou reais; rever o modelo; e, finalmente, completar o processo. A partir daqui, assumem-se as conquistas e limitações deste ou rejeita-se o modelo mental elaborado, voltando para o ponto de partida.

Outro aspecto a ser considerado na compreensão da modelagem enquanto processo de construção de representações parciais de entidades de interesse científico, diz respeito ao papel das analogias. Primeiramente, considera-se importante conceber que as analogias se configuram como um tipo de comparação estabelecida entre dois domínios distintos com o propósito de se permitir a compreensão de um (domínio alvo) a partir do que se conhece sobre o outro (domínio base). Isso se dá ao estabelecerem-se correspondências entre relações similares em ambos os domínios (GENTNER, 1983; GENTNER; MARKMAN, 1995; FERRY, 2016).

Neste trabalho adotamos como principais referenciais teóricos para a análise da analogia, utilizada como base para a confecção do modelo analógico, a Teoria do Mapeamento Estrutural (GENTNER, 1983; GENTNER; MARKMAN, 1995; FERRY, 2016) e a Teoria da Múltiplas Restrições (HOLYOAK; THAGARD, 1989). Segundo esse referencial, entendemos que uma analogia será adequada para o ensino se ela atender um conjunto de aspectos estruturais, semânticos e pragmáticos. Entre esse conjunto de aspectos, destacamos o foco relacional, a consistência estrutural, a sistematicidade, a similaridade semântica e a adequação pragmática.

A respeito do papel das analogias nas possíveis relações com a modelagem, Oliva-Martínez e Aragón-Méndez (2009) ressaltam suas potencialidades no desenvolvimento de habilidades e estratégias próprias ao referido processo. Em nossa compreensão, esse destaque feito pelos autores decorre do fato de ambos os processos – o da modelagem e o da analogia – serem baseados em relações de similaridades. Embora concordemos com o destaque, a nosso ver, essa semelhança entre os dois processos tem levado a uma definição de “modelo analógico” diferente da que temos construído e nos apropriado para este trabalho.

Para alguns autores, todos (ou quase todos) os modelos seriam analógicos, uma vez que tais representações estabelecem com suas entidades de interesse científico relações de similaridade. Almeida, Almeida e Ferry (2018) consideram que nem toda relação de similarida-



de entre um modelo e sua entidade implica necessariamente uma relação analógica – em que o análogo geralmente pertence a um domínio familiar ao interlocutor (princípio da familiaridade) e o conhecimento sobre o domínio base, a princípio, independe das formas como as entidades de interesse científico, tomadas como alvos da compreensão, são concebidas (princípio da independência). Nessa perspectiva, entendemos que os modelos didáticos convencionais são criados unicamente a partir de um conjunto de afirmações sobre a entidade de interesse científico, enquanto o modelo analógico consiste em uma entidade criada e fundamentada em uma analogia.

2.1 Analogias e modelos no ensino de Estequiometria

No âmbito das práticas de ensino fundamentadas em analogias ou modelagem, o presente estudo aborda a utilização de analogias como fontes para a elaboração de modelos – os modelos analógicos. Como já foi dito, as analogias se configuram como comparações relacionais muito utilizadas por professores e autores de livros didáticos de Ciências na tentativa de favorecer a compreensão de entidades altamente complexas, que normalmente demandam alto grau de abstração por parte dos estudantes (GALAGOVSKY e ADÚRIZ-BRAVO, 2001).

Em pesquisas sobre a utilização de analogias em livros e textos brasileiros, é comum o tema estequiometria aparecer entre os quais mais se empregam esse recurso. Por exemplo, Monteiro e Justi (2000) identificaram que esse tema era o quarto com maior número de analogias presentes em onze coleções analisadas. Em outro conjunto de livros, Francisco Junior (2009) identificou a estequiometria como o quarto assunto com maior número de analogias nos seis livros aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) de 2007. Semelhantemente, em Silva, Lima e Silva (2010), a estequiometria ficou em quinto, de dez tópicos analisados, com a maior quantidade de analogias. Apesar das pesquisas terem sido realizadas, em sua maioria, com livros e coleções diferentes, consideramos relevante a estequiometria em todas elas aparecer como um dos principais temas com os quais os autores de livros utilizaram analogias.

No entanto, Duarte (2005) indica que o uso de analogias como estratégia de ensino implica cuidados por parte dos autores e dos docentes ao explorarem-nas em sala de aula, de modo a não gerar uma interpretação equivocada do conceito científico. Ferry (2016) defende que o potencial analógico de uma comparação deve ser avaliado por meio de uma análise estrutural, semântica e pragmática, a fim de se assegurar que a comparação se configure como uma analogia adequada para a elaboração de um modelo.



2.2 Analogia do Sanduíche para o ensino de Estequiometria

Entre as diversas comparações estabelecidas por professores ou autores de livros didáticos no contexto da estequiometria das reações químicas (ASSIS; FERRY, 2020), destaca-se a analogia entre a proporção específica de ingredientes para a produção de um sanduíche e a proporção específica de reagentes em uma reação química, com o propósito de oferecer uma situação cotidiana similar para compreensão dos conceitos de reagente limitante e reagente em excesso, encontrada, por exemplo, no livro didático de Novais e Antunes (2016, p. 201). Essa analogia pode ser enunciada como está escrito no quadro 1 a seguir:

Quadro 1. Identificação dos domínios e enunciação da comparação potencialmente analógica

ENUNCIÇÃO BÁSICA	
<i>Assim como na preparação de sanduíches, em que a falta de um ou mais ingredientes pode nos impedir de montar todos os sanduíches de acordo com a receita-padrão, a falta de um reagente impede que os demais participantes sejam totalmente consumidos em uma transformação química.</i>	
DOMÍNIO BASE	DOMÍNIO ALVO
Relações entre as quantidades dos ingredientes para a montagem de sanduíches e as proporções entre eles segundo uma receita-padrão hipotética de um sanduíche.	Relações entre as quantidades dos reagentes na ocorrência de uma reação e as proporções entre eles segundo a estequiometria dessa reação química.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A proposição de um modelo analógico, apresentada neste trabalho, capaz de mediar os processos de compartilhamento e produção de significados no ensino de aspectos conceituais e procedimentais da estequiometria química a estudantes com deficiência visual, teve como ponto de partida e fundamento essa analogia do quadro 1.

3 Metodologia

Primeiramente realizamos o mapeamento estrutural da comparação apresentada no quadro 1, seguindo as orientações de Ferry (2018) e Barbosa e Ferry (2018), que apresentam um padrão de representação das correspondências de similaridade entre elementos, atributos



e relações identificadas em ambos os domínios da comparação, além de códigos para identificação das limitações e diferenças alinháveis (quadro 2). Esse mapeamento estrutural nos permitiu analisar os aspectos estruturais, semânticos e pragmáticos da comparação em questão, conforme nosso referencial teórico, de modo a avaliar o seu potencial analógico e elaborar uma proposta de abordagem que permitisse a superação de suas limitações.

Quadro 2. Tipologia de correspondências mapeadas e notações simbólicas empregadas nas representações das correspondências

Domínio Base (DB)	Representação das Correspondências	Domínio Alvo (DA)
Elementos da base	E_n ←————→	Elementos do alvo
Elementos que compõem o DB	<i>Correspondências entre elementos devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra E</i>	Elementos que compõem o DA
Atributos dos elementos do DB	$A_n(E_x)$ ←————→	Atributos dos elementos do DA
Predicados descritivos relevantes dos elementos mapeados no DB.	<i>Correspondências entre atributos devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra A; Cada correspondência dessa natureza deve possuir um único argumento, ou seja, deve estar baseada em uma única característica.</i>	Predicados descritivos relevantes dos elementos mapeados no DA.
Relações de 1ª ordem do DB	$r_n(E_x/A_x, E_y/A_y, \dots)$ ←————→	Relações de 1ª ordem do DA
Relações entre dois ou mais elementos do DB ou entre suas características; relações de ordem estrutural que dizem respeito ao modo como os elementos do DB estão dispostos entre si.	<i>Correspondências entre relações de menor complexidade, devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra r (minúscula); Cada correspondência dessa natureza deve possuir, no mínimo, dois argumentos.</i>	Relações entre dois ou mais elementos do DA ou entre suas características; relações de ordem estrutural que revelam como os elementos do DA estão dispostos entre si.
Relações de 2ª ordem do DB	${}^2R_n(r_x, r_y/E_y/A_y, \dots)$ ←————→	Relações de 2ª ordem no DA
Relações existentes entre relações de 1ª ordem previamente postuladas entre elementos do DB ou entre uma relação de 1ª ordem com outros elementos/atributos.	<i>Correspondências entre relações mais complexas que devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pelo código 2R; Cada correspondência dessa natureza deve possuir ao menos uma relação de 1ª ordem como um dos seus argumentos.</i>	Relações existentes entre relações de 1ª ordem previamente postuladas entre elementos do DA ou entre uma relação de 1ª ordem com outros elementos/atributos.
Relações de ordem superior de nível hierárquico ou grau 'nh' do DB	${}^{nh}R_n({}^{(nh-1)}R_x, R_y/r_y/E_y/A_y, \dots)$ ←————→	Relações de ordem superior de nível hierárquico ou grau 'nh' do DA
Relações existentes entre relações do DB, das quais ao menos uma se configura como uma relação de 2ª ordem.	<i>Correspondências entre relações de maior complexidade devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pelo código ${}^{nh}R$; Cada correspondência dessa natureza deve possuir ao menos uma relação de 2ª ordem como um dos seus argumentos.</i>	Relações existentes entre relações do DA, das quais ao menos uma se configura como uma relação de 2ª ordem.
Determinados atributos ou relações do DB	$D_n: [\dots]$ ←————X————→	Determinados atributos ou relações do DA



Características ou relações presentes no DB, conectadas a pontos em correspondência, que são diferentes nos respectivos pontos no DA.	Diferenças alinháveis <i>As setas bidirecionais devem ser marcadas com um sinal gráfico semelhante à letra X, e devem ser acompanhadas pela letra D*.</i>	Características ou relações presentes no DA, conectadas a pontos em correspondência, que são diferentes nos respectivos pontos no DB.
Atributos ou Relações do DB ausentes no DA	$L_n: [\dots]$ 	Atributos ou Relações do DA ausentes no DB
Condições do DB para as quais a comparação não se aplica; ou elementos, atributos ou relações do DB que não devem ser "transferidos" para o DA.	Limitações da comparação <i>As setas bidirecionais devem ser marcadas com um sinal gráfico semelhante à letra X, e devem ser acompanhadas pela letra L**.</i>	Condições do DA para as quais a comparação não se aplica; ou elementos, atributos ou relações do DA que não encontram correspondência no DB.
* Os códigos das diferenças alinháveis devem, sempre, remeterem-se a alguma correspondência previamente codificada. ** Os códigos das limitações identificadas referem-se a um novo elemento, atributo ou relação. Isto é, na lógica do mapeamento estrutural, as limitações são apresentadas com novos códigos.		

Fonte: Ferry (2018, p. 112-114), adaptado.

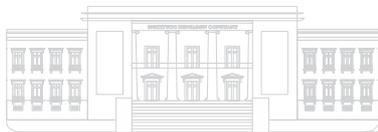
Em seguida, partimos para a criação, desenvolvimento e confecção de objetos manipuláveis e texturizados em feltro, capazes de representar, primeiramente, elementos constituintes do domínio base da analogia. Esses objetos foram, então, empregados na proposição de uma representação alternativa de uma reação química genérica fundamentada na analogia analisada e reformulada. Ou seja, propusemos um modelo analógico de uma reação química.

Esse modelo analógico foi apresentado durante uma entrevista semiestruturada a um professor com perda total da visão, atuante no Ensino Médio há cerca de 20 anos em uma instituição de referência de Belo Horizonte no atendimento especializado na temática da deficiência visual. Por tratar-se de uma pesquisa com seres humanos, o projeto foi submetido à Plataforma Brasil e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da nossa instituição de origem (CAAE 19099019.7.0000.8507).

3.1 Confecção dos Modelos Analógicos

A confecção do modelo analógico teve como ponto de partida a representação dos elementos que constituíam o domínio base da analogia, isto é, os ingredientes que comporiam os sanduíches, que representariam os reagentes e produtos de uma reação química genérica.

Conforme orientam Sá, Campos e Silva (2007), é necessário que os recursos didáticos contendo estímulos táteis que atendam às diferentes condições dos estudantes com deficiência visual. Para que sua utilização seja eficaz e facilite o compartilhamento de significados,



a apropriação, a compreensão e a atribuição de sentidos ao que está sendo abordado por meio dos recursos utilizados, o material pedagógico deve apresentar texturas diferentes e tamanho adequado. A elaboração desses recursos deve estar criteriosamente condicionada às condições de acessibilidade para esse público, tanto para cegueira total quanto para visão subnormal, conforme Cerqueira e Ferreira (2000, p. 3), relacionados ao tamanho, aceitação, estimulação visual, fidelidade e segurança.

Por isso, o modelo foi confeccionado em feltro com texturas que permitissem, harmoniosamente, relacioná-lo com os objetos reais pertencentes ao domínio base da analogia: os ingredientes dos sanduíches. O relevo foi elaborado em textura diferente em relação aos demais materiais utilizados, a fim de ser facilmente identificado. Aos modelos foram incorporadas descrições em braille e tinta sobre os componentes de cada conjunto modelado, tanto para as informações relevantes sobre o domínio alvo quanto para as referentes ao domínio base. As figuras 1.1 a 1.8 apresentam registros fotográficos dos objetos manipuláveis produzidos em feltro para representar os ingredientes dos sanduíches.

Para auxiliar na identificação de cada componente do modelo também foi elaborado um QrCode que pode ser escaneado com câmeras de *smartphones* e convertido em um arquivo de áudio descritivo dos elementos que compõem o modelo.

A confecção do modelo analógico do Sanduíche estequiométrico envolveu os seguintes procedimentos e cuidados: (i) os relevos foram confeccionados com miçangas e tintas criando diferentes texturas para que fossem perceptíveis, a fim de manter o contraste entre as informações; (ii) os materiais utilizados foram feltro, linhas, cola, espuma e cartolina, com o intuito de não oferecer perigo ou provocar rejeições, como ferir ou irritar a pele; (iii) buscamos materiais que apresentavam resistência para um manuseio frequente; (iv) o material utilizado não se configura como pesado ou muito frágil para que a informação não se perca e o objeto possa ser transportado para onde o aluno desejar; (v) procuramos utilizar somente dois tipos de texturas com naturezas semelhantes ao objeto real, pois o uso de várias texturas poderia tornar a manipulação confusa e sua diferenciação dificultada; (vi) na embalagem de cada Sanduíche do modelo há uma descrição detalhada em braille dos objetos que constituem cada componente. Nas figuras abaixo, é possível ver os modelos de itens que compõem os elementos (sanduíches) do domínio base da analogia confeccionados em feltro com variações de forma e textura.

Figura 1.1. Modelo de um pão de hambúrguer



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

Figura 1.2. Modelo de uma folha de alface



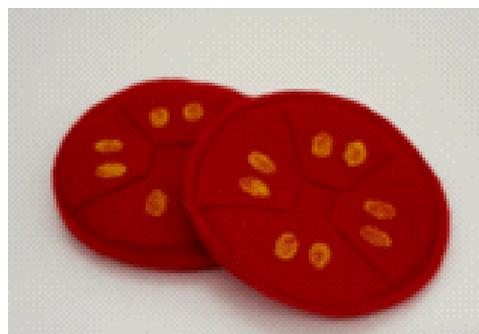
Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

Figura 1.3. Modelo de um hambúrguer



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

Figura 1.4. Modelo de fatias de tomate



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

Figura 1.5. Modelo de fatias de pão



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

Figura 1.6. Modelo de fatia de presunto



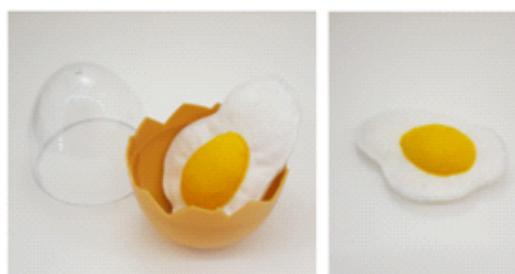
Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

Figura 1.7. Modelo de fatia de queijo



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

Figura 1.8. Modelo de um ovo



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.



Com os objetos apresentados nas figuras 1.1 a 1.8, partes do modelo analógico objeto deste estudo, foi produzida: uma equação química analógica concebida para abordar aspectos da estequiometria química entre quantidades de produtos de uma reação química e as quantidades de reagentes em excesso e de um reagente limitante do processo. Esse modelo analógico encontra-se apresentado na seção dos resultados e discussão.

4 Resultados e discussão

As seções 4.1 a 4.3 apresentam a análise estrutural da comparação que fundamentou a produção do modelo analógico, seguida por uma proposta de reformulação dessa analogia, o modelo analógico produzido a partir dessa nova abordagem e as percepções que o professor cego entrevistado teve sobre esse modelo.

4.1 Análise estrutural da comparação do Sanduíche

O quadro 3 apresenta o resultado do mapeamento estrutural da comparação entre os domínios identificados no quadro 1.

Quadro 3. Mapeamento estrutural da comparação entre os domínios do quadro 1

DOMÍNIO BASE	CÓDIGOS DAS CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Ingrediente A	E_1 ↔	Reagente A
Ingrediente B	E_2 ↔	Reagente B
Sanduíche	E_3 ↔	Produto
Preparação de sanduíche	E_4 ↔	Formação de produtos
Na preparação de um sanduíche, os ingredientes não se transformam em outras substâncias.	$L_1: [r_1 (E_4, E_1, E_2, E_3)]$ ↔ ✗	Na formação de produtos, os reagentes se transformam em outras substâncias.
Receita	E_5 ↔	Estequiometria
Quantidade de ingrediente A	$A_1 (E_1)$ ↔	Quantidade de reagente A
Quantidade de ingrediente B	$A_2 (E_2)$ ↔	Quantidade de reagente B
Excesso de ingrediente A	$A_3 (E_1)$ ↔	Excesso de reagente A



A quantidade de ingrediente A é proporcional a quantidade de ingrediente B.	$r_1 (A_1, A_2)$ ←————→	A quantidade de reagente A é proporcional a quantidade de reagente B.
A mistura dos ingredientes A e B forma um sanduíche.	$r_2 (E_1, E_2, E_3)$ ←————→	A mistura dos reagentes A e B forma o produto.
A preparação de um sanduíche segue uma receita padrão.	$r_3 (E_4, E_5)$ ←————→	A formação de produto em uma reação química segue uma estequiometria.
A quantidade de ingredientes A e B deve seguir uma receita padrão para a preparação de um sanduíche.	${}^2R_1 (r_1, r_3)$ ←————→	A quantidade de reagentes A e B deve seguir uma estequiometria para a formação de produtos em uma reação química.
Uma quantidade inferior de ingrediente A ou B não permite a preparação do sanduíche de acordo com a receita padrão.	$D_1: [{}^2R_1 (r_1, r_3)]$ ←————X————→	Uma quantidade inferior do reagente A ou B permite a formação de produtos em proporção menor, de acordo com a estequiometria da reação.
Dependendo da quantidade de ingredientes disponíveis, pode-se criar sanduíches diferentes da receita padrão.	$D_2: [{}^2R_1 (r_1, r_3)]$ ←————X————→	Independentemente da quantidade de reagentes, o tipo de substância formada nos produtos não varia.
Na preparação de um sanduíche de acordo com uma receita padrão, se tem um excesso de ingrediente A, o ingrediente B será o limitante.	${}^2R_2 (r_3, A_3)$ ←————→	Na formação de produto de acordo com a estequiometria da reação química, se há um excesso do reagente A, o reagente B será o limitante.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

De acordo com o mapeamento estrutural apresentado no quadro 3, a comparação entre a proporção de ingredientes para formação de um sanduíche (DB) e a proporção entre substâncias reagentes para formação de produtos (DA) possibilitou o estabelecimento de 5 correspondências entre elementos, 3 entre atributos, 3 entre relações de primeira ordem, 2 entre relações de segunda ordem e 3 diferenças alinháveis.

O mapeamento permite afirmar que a comparação é estruturalmente consistente, uma vez que, entre os domínios, é possível verificar as três condições estruturais: (1ª) correspondência um a um entre os elementos e atributos, não havendo, por exemplo, dois ou mais elementos (ou atributos) em um domínio que corresponda a um mesmo e único elemento (ou atributo) no outro domínio; (2ª) conectividade em paralelo entre os argumentos das relações, que pode ser verificada pela indicação dos códigos dos argumentos das relações enunciadas em ambos os domínios; e (3ª) sistematicidade, demonstrada no sistema de relações conectadas – uma relação de segunda ordem entre relações de primeira ordem. Além disso, o mapeamento evi-



denciou uma maior quantidade de relações que atributos mapeados, o que evidencia o foco relacional da comparação e nos permite classificá-la como uma analogia.

Há que se destacar que a principal relação evocada nessa analogia é a R_1 , que pode ser enunciada da seguinte forma: *“assim como na preparação de um sanduíche os ingredientes devem seguir uma receita padrão, em uma reação química os reagentes devem seguir uma estequiometria para a formação de produtos”*. Essa relação é designada como uma relação de segunda ordem por evocar pelo menos uma relação de primeira ordem (r_1 e r_3).

Ao analisar cada uma das correspondências, podemos verificar a existência de similaridade semântica tanto entre os elementos e atributos alinhados, quanto nas relações de primeira e segunda ordem. Isso decorre do fato de ambos os domínios envolverem procedimentos: a combinação de ingredientes para a produção de sanduíches, no domínio base; e a combinação de reagentes para formação de produtos, no domínio alvo. As correspondências E_1 e E_2 , por exemplo, associam elementos que apresentam o mesmo tipo de materialidade. As correspondências de atributos A_1 e A_2 tratam de quantidade desses elementos (ingredientes e reagentes). As relações, por sua vez, também são semanticamente semelhantes, por se tratarem de relações de proporcionalidade, uma vez que, conforme expressado anteriormente, a proporção entre os ingredientes para formação de um sanduíche é comparada à proporção de reagentes para formação de produtos em uma reação química.

No mapeamento estrutural foram abordadas duas diferenças alinháveis pertinentes para a abordagem dessa analogia em sala de aula. A primeira, D_1 , está diretamente associada à correspondência mais relevante do mapeamento, a R_1 , pois uma quantidade inferior de ingredientes não permite a formação de sanduíches de acordo com a receita padrão, já em uma reação química, mesmo uma quantidade pequena de cada reagente faz com que haja a formação de produtos seguindo a estequiometria da equação química. A segunda diferença alinhável (D_2) trata da combinação dos ingredientes que podem levar a diferentes sanduíches (caso não siga a receita padrão), diferentemente de uma reação química, em que os reagentes sempre devem se combinar de forma estequiométrica para formar determinados produtos.

Além das duas diferenças alinháveis mapeadas, o quadro 3 aponta uma limitação (L_1) dessa analogia já mencionada em outras, relacionada à transformação da matéria: a produção de sanduíches não faz com que os ingredientes se transformem em outras coisas, diferentemente das reações químicas, que necessariamente envolvem transformações de substâncias.

Assim, consideramos que a analogia se encontra pragmaticamente adequada, uma vez que é apresentada dentro do conceito de reagente limitante e evidencia em sua proposta



trechos tanto do domínio base quando do domínio alvo da analogia, o que pode fornecer possibilidades amplas de inferências em uma atividade em sala de aula. No entanto, a fim de superar essa limitação L_1 , propusemos uma reelaboração dessa analogia, que se encontra apresentada no quadro 4.

Quadro 4. Reformulação da analogia do “Sanduíche”

Suponha a seguinte situação:

Já virou rotina os amigos Maria, Laura, João, Pedro, Gabriel e Marcos, se reunirem para estudar, e desta vez a reunião ocorreu na casa de Maria. Já era tarde e estava chovendo muito, quando eles deram por encerrado os estudos. Todos estavam com muita fome, afinal estudar consome muitas calorias. Na geladeira só havia 6 ovos, foi então que João sugeriu pedir sanduíches pelo aplicativo de entrega. Devido ao avançado horário, a loja de lanches só possuía misto especial e sanduíches simples.

Os amigos pediram 4 mistos especiais e 4 sanduíches simples. Quando o lanche chegou João e Pedro queriam um “X-tudo” cada um, e Maria, Laura, Gabriel e Marcos queriam um misto simples cada. O misto especial era composto por 2 fatias de pão de forma, 3 fatias de queijo e 2 fatias de presunto. O sanduíche simples era composto por 1 pão de hambúrguer, 2 fatias de alface, 1 carne de hambúrguer e 2 tomates. Para o preparo do X-tudo seria necessário: 1 pão de hambúrguer, 2 folhas de alface, 1 ovo, 1 carne de hambúrguer, 4 fatias de queijo, 2 fatias de presunto e 2 fatias de tomates. Para o preparo do misto simples são necessárias 2 fatias de pão de forma, 1 fatia de queijo e 1 fatia de presunto.

Agora responda as seguintes questões:

- Quantos “X-tudo” e quantos mistos simples podem ser feitos com o lanche entregue?
- Ocorreu sobra de ingredientes?
- Qual foi a proporção de ingredientes para montar um sanduíche?
- Escreva a equação de produção dos sanduíches e as quantidades dos ingredientes
.....++.....= sanduíches
- Como você representaria a fórmula do sanduíche?
- As massas de todos os ingredientes são iguais a soma da massa de todos os produtos?

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A partir dessa nova analogia, partimos para o processo de criação e produção de um modelo para o ensino desse aspecto da estequiometria química – relações estequiométricas entre produtos, reagente limitante e reagentes em excesso. Em outros termos, desenvolvemos um modelo analógico chamado “Sanduíche estequiométrico”.

4.2 Modelo analógico – Sanduíche estequiométrico

As figuras abaixo apresentam, registros fotográficos dos sanduíches e mistos montados com os modelos apresentados nas figuras 1.1 a 1.8. Elas são modelos dos sanduíches em feltro montados como domínio base da analogia.



Figura 2.1. Modelo para os mistos especiais no domínio base e para o reagente A no domínio alvo



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

Figura 2.2. Modelo para o sanduíche simples no domínio base e para o reagente B no domínio alvo



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

Figura 2.3. Modelo para o sanduíche X-Tudo no domínio base e para o produto I no domínio alvo



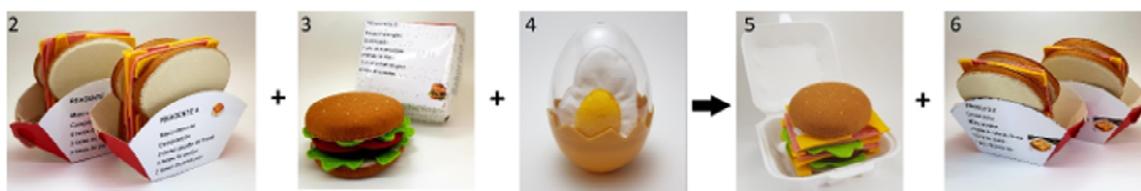
Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

Figura 2.4. Modelo para os mistos simples no domínio base e para o produto II no domínio alvo



Fonte: Arquivo pessoal dos autores, 2020.

A figura 3 apresenta uma montagem feita com esses registros fotográficos com o propósito de representar, analogicamente, uma reação química genérica, sendo, portanto, uma equação química analógica. Nesse modelo analógico, os três reagentes A (Misto especial), B (Sanduíche Simples) e C (Ovo) não estão convencionalmente representados por fórmulas químicas de substâncias: respectivamente eles foram representados pelos mistos especiais, o sanduíche simples e um ovo. Da mesma maneira, os produtos I (X-Tudo) e II (Misto Simples) estão representados por outros “lanches” que, segundo a analogia reformulada no quadro 4, poderiam ser gerados a partir da troca ou recombinação dos ingredientes dos lanches iniciais.

Figura 3. Modelo analógico de uma reação química: uma equação química analógica

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do arquivo pessoal, 2020.

4.3 Percepções do professor entrevistado sobre o modelo analógico

Apresentamos ao professor o modelo analógico “Sanduíche estequiométrico”. No primeiro momento o professor tocou todos os componentes do modelo, ressaltou que as peças que representam o queijo possuíam cavidades muito maiores que o objeto real, e a representação da folha de alface necessitava de algo que remetesse as nervuras do objeto real. Em relação aos outros componentes, ele relatou estarem muito próximo do real.

Perguntamos ao professor qual a entidade de interesse científico a que o modelo remetia. O professor foi taxativo ao dizer que o modelo sozinho não remetia a nada, mas se apresentado junto com a atividade proposta seria possível remeter ao conteúdo de reações químicas, evidenciado a necessidade das descrições nas embalagens e a apresentação da atividade junto com os modelos para que remetessem ao conteúdo científico:

Professor: “[...] se você me der estes objetos sem qualquer informação, para mim eles serão sanduíches. Não consigo dizer que eles são voltados para o ensino, são apenas objetos soltos. Mas, com a informação da atividade apresentada junto e com a descrição das caixas, consigo relacioná-lo com reações químicas[...].”

Questionamos, ainda, se o professor utilizaria o modelo em sua prática educativa que envolvesse estudantes com deficiência visual. A resposta foi afirmativa, mas ele acrescentou que seria necessário que a aula transcorresse em dois horários seguidos. Ele também relatou que, como docente, não seria capaz de criar um modelo como o modelo “Sanduíche”, devido à falta de tempo necessário para sua confecção.

Professor: “[...] eu usaria, mas não seria capaz de fazer ou de imaginar um objeto como este, isto demanda tempo e eu não tenho este tempo. Este objeto deve chamar muito a atenção dos alunos que não são cegos. Ele é colorido? Eu queria usar em uma aula que contemplasse dois horários, assim seria mais fácil. Os alunos iam gostar.”



Outra questão que buscamos verificar com o professor era se algum componente do modelo poderia levar os estudantes a construírem alguma concepção alternativa ou atribuir sentido equivocado em relação a algum conceito ou modelo científico.

Professor: “[...] independente se eu utilizo um objeto como este ou não, o aluno tem uma chance maior de não compreender os conceitos científicos, como você chama, mais pelo o que eu digo em sala de aula do que pelo o que eu uso para explicar. Suponhamos, grosseiramente, que esteja com um átomo na minha mão e começasse a dizer que o átomo é como um pudim, e só fico reforçando que o átomo é como um pudim. O aluno pode achar que o átomo é para matar a vontade de comer doce, quando na verdade não é este o meu objetivo. Eu acho que o aluno cego como qualquer outro não irá ter dificuldade se ele tiver acesso às informações das caixas, à atividade e o professor ressaltar o conteúdo de reações químicas. Com este objeto eu posso trabalhar outros conteúdos também, né?”

Tal resposta sugere que, sem a retomada do conteúdo científico por parte do professor, independentemente do recurso mediacional utilizado, há possibilidade de que o estudante não consiga correlacionar as referências feitas do domínio base e as informações referentes ao tópico de conteúdo científico que se deseja ensinar – o domínio alvo representado. Em outros termos, o recurso não poderia ficar inteiramente a cargo dos estudantes para a efetivação do processo de modelagem e da compreensão da analogia que o fundamenta, sem a devida mediação do professor.

Retomamos com o professor o conteúdo científico que esperávamos que ele próprio e os estudantes compreendessem por meio do modelo analógico, pois verificamos que, em um primeiro momento, eles poderiam relacionar o objeto ao conteúdo mais geral sobre as reações químicas, e não ao subtópico específico da estequiometria química. Nossa expectativa era a da associação do modelo às relações estequiométricas entre reagentes limitante e em excesso para a formação de novas substâncias.

Entrevistador: “Quando você fala que o modelo remete ao conteúdo de reação química, você está englobando todos os aspectos desse tópico de conteúdo ou está se referindo especificamente à estequiometria?”

Professor: “[...] o modelo em si, com o que está descrito nas caixas me faz pensar automaticamente em reações químicas. Quando eu leio a atividade eu percebo que a atividade trabalha o conteúdo de reação química e os conteúdos de reagente em excesso e reagente limitante. Se o professor na hora que estiver usando este modelo não deixar claro (*sic*) os conteúdos que ele quer trabalhar, os estudantes podem entender somente como reação química.”



A fala do professor ressaltou a necessidade de informação prévia ao aluno que o conteúdo a ser trabalhado se refere à estequiometria entre reagentes limitantes e reagentes em excesso. Sem essa informação prévia, o estudante poderia entender que os conceitos trabalhados remetem apenas a reações químicas de uma forma geral.

Por fim, perguntamos ao professor como ele avalia a estratégia de acessibilidade pedagógica a estudantes com deficiência visual no ensino de estequiometria química por meio do modelo analógico apresentado. Ele respondeu:

Professor: “[...] esta é uma pergunta muito difícil de ser respondida somente pelo que você me apresentou. Para responder esta pergunta eu ia precisar utilizar em minha aula. Analisando só o que nós fizemos hoje, eu creio que pode ajudar ao aluno cego, mas eu acho que o aluno ia precisar de um tempo muito maior do que os 50 (cinquenta) minutos de uma aula normal para poder fazer toda esta atividade. Seria interessante que algum professor fizesse esta atividade em uma sala de aula de verdade. Aí daria para saber se ia ajudar ou não o aluno. Apesar que (*sic*) assim que os alunos percebessem que a aula ia ter algo diferente ia ser uma bagunça, o professor ia ter dificuldade em acalmar os alunos para dar aula. Mas no geral acho muito válida esta atividade, ela é bem simples, mas requer atenção do professor.”

Entendemos que é necessário mais um passo para uma análise aprofundada da implicação pedagógica para o processo de ensino e aprendizagem em estequiometria química mediado pelo uso do modelo analógico proposto, chamado por nós de “Sanduíche estequiométrico”, para estudantes com deficiência visual. A atividade proposta deve ser realizada em uma sala de aula com alunos cegos, de baixa visão e videntes, para que assim possamos confrontar a metodologia da utilização ou não de modelos analógicos.

Conclusão e considerações finais

Considerando toda a análise que fizemos da comparação que fundamentou a construção do modelo analógico, proposto para representar parcialmente as relações estequiométricas de uma reação química (domínio alvo) a partir de uma situação hipotética envolvendo a montagem de diferentes tipos de sanduíches (domínio base), associada com todas as questões de acessibilidade tátil observadas em sua confecção e as percepções de nosso sujeito de pesquisa, um professor cego: concluímos que esse modelo apresenta um significativo potencial para ser utilizado como um recurso didático inclusivo adequado para o ensino de estequiometria química a estudantes com deficiência visual.



Por ser um modelo analógico, ou seja, fundamentado em uma analogia analisada e reformulada a partir dessa própria análise feita na perspectiva da Teoria do Mapeamento Estrutural e da Teoria das Múltiplas Restrições, que descrevem processos do mecanismo do raciocínio tipicamente analógico e apontam para critérios úteis na caracterização desse tipo de comparação, podemos fazer algumas considerações. Assim como a analogia que o fundamenta, esse modelo é estruturalmente consistente e apresenta o devido foco nas relações estequiométricas similares entre o domínio alvo que ele representa e o domínio base da analogia. Também é sistemático, na medida em que relações de ordem superior conectam outras relações de base, o que oferece a possibilidade de os estudantes fazerem inferências sobre a estequiometria da reação química. E além disso, é adequadamente pragmático, tendo sido apropriadamente concebido com o propósito específico de explorar as relações de proporcionalidade similares entre as quantidades de substâncias participantes de uma reação e as quantidades de ingredientes – que sobram e que determinam o que pode ser montado na situação hipotética apresentada na analogia.

Esperamos que tais conclusões possam ser apropriadas por professores de Ciências interessados em produzir recursos didáticos fundamentados em modelagem, em especial a modelagem analógica, para a mediação pedagógica envolvendo estudantes com deficiência visual. Parece-nos, sim, que a modelagem analógica de fato oferece contribuições para as práticas educativas inclusivas em Ciências, apresentando-se como uma possibilidade interessante e produtiva na promoção de estratégias de acessibilidade pedagógica a estudantes com deficiência visual não somente no ensino de Química, mas possivelmente de qualquer outra subárea das Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Referências

ALMEIDA, Délcio Julião Emar de; ALMEIDA, Rangel Benedito Sales de; FERRY, Alexandre da Silva. MAES-3DMF: Mapeamento Estrutural de um Modelo Analógico do Espaço Sideral 3D em Meio Fluido para o Ensino de Ciências. *Latin American Journal of Science Education*, México, v. 5, n. 2, p. 1-17, nov. 2018.

ASSIS, Luciana Paula de; FERRY, Alexandre da Silva. Analogias e outros tipos de comparação no contexto da estequiometria química em livros didáticos. In: VIGÁRIO, Ana Flávia; GONÇALVES, Vanessa Fonseca; FALEIRO, Wender (org.). *Processos educativos em Ciências da Natureza na Educação Básica*. 1. ed. Goiânia: Kelps, 2020, p. 76-96.



- BARBOSA, Wilbert Viana; FERRY, Alexandre da Silva. Concepção de um software para mapeamento estrutural de analogias empregadas no ensino de ciências. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, Manaus, v. 4, n. 8, p. 224-243, nov. 2018.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo: Contexto, 2002.
- BIEMBENGUT, Maria Salett. Perspectivas Metodológicas em Educação Matemática: Um Caminho Pela Modelagem e Etnomatemática. *Caderno pedagógico*, Lajeado, v. 9, n. 1, p. 27-38, 2012.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, ano 134, n. 248, seção 1, p. 1-9, 23 dez. 1996.
- CERQUEIRA, Jonir Bechara; FERREIRA, Elise de Melo Borba. Recursos didáticos na educação especial. *Benjamin Constant*, Rio de Janeiro, n. 15, abr., 2000. Disponível em: <http://revista.abc.gov.br/index.php/BC/article/view/602>. Acesso em: 04 jun. 2022.
- DUARTE, Cássia Cristina Campos; ROSSI, Adriana Vitorino. Ensino de Química para pessoas com deficiência visual: Mapeamento e investigação de produções no Brasil. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Ourense, Espanha, v. 20, n. 3, p. 396-421, 2021.
- DUARTE, Maria da Conceição. Analogias na educação em ciências contributos e desafios. *Investigações em ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 7-29, 2005.
- FERRY, Alexandre da Silva. *Análise Estrutural e Multimodal de Analogias em uma Sala de Aula de Química*. 2016. 170 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.
- FERRY, Alexandre da Silva. (org.) *Pesquisas sobre analogias no contexto da Educação em Ciências à luz da Teoria do Mapeamento Estrutural (Structure-mapping theory)*. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, p, 2018, 114p.
- FRANCISCO JUNIOR, Wilmo Ernesto. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007. *Ciências & Cognição*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 121-143, mar. 2009.
- GALAGOVSKY, Lydia R; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 231-24, 2001.
- GENTNER, Dedre. Structure-mapping: a theoretical framework for analogy. *Cognitive science*, Mahwah, NJ, Estados Unidos, v. 7, n. 2, p. 155-170, abr./jun. 1983.



- GENTNER, Dedre; MARKMAN, Arthur B. Structure Mapping in Analogy and Similarity. *American psychologist*, Washington, DC, Estados Unidos, v. 52, n. 1, p. 45-56, jan. 1997.
- GIERE, Ronald N.; BLANCHET, Claudia Elisa Gidi. *La explicación de la ciencia: un acercamiento cognoscitivo*. México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1992.
- GILBERT, John K.; BOULTER, Carolyn; RUTHERFORD, Margaret. Models in explanations, part 1: horses for courses? *International Journal of Science Education*, Reino Unido, v. 20, n. 1, p. 83-97, jan. 1998.
- GONÇALVES, Fábio Peres. *et al.* A Educação Inclusiva na formação de professores e no ensino de Química: A deficiência visual em debate. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 264-271, nov. 2013. Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc35_4/08-RSA-100-11.pdf. Acesso em: 04 jun. 2022.
- GRECA, Ileana María; MOREIRA, Marco Antonio. Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, Salem, MA, Estados Unidos, v. 86, n. 1, p. 106-121, jan. 2002.
- HOLYOAK, Keith J.; THAGARD, Paul. Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive science*, Mahwah, NJ, Estados Unidos, v. 13, n. 3, p. 295-355, jul. 1989.
- INGHAM, Angela M.; GILBERT, John K. The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, Reino Unido, v. 13, n. 2, p. 193-202, abr. 1991.
- JUSTI, Rosária S.; GILBERT, John K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education*, Reino Unido, v. 24, n. 4, p. 369-387, abr. 2002.
- MANTOAN, Maria Teresa Eglér. *Inclusão escolar: O que é? Por quê? Como fazer?*. São Paulo: Moderna, 2003. (Coleção Cotidiano Escolar)
- MONTEIRO, Ivone Garcia; JUSTI, Rosária S. Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. *Investigações em ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000.
- MORRISON, Margaret; MORGAN, Mary S. Models as mediating instruments. In: MORRISON, Margaret; MORGAN, Mary S. (ed.). *Models as Mediators: perspectives on natural and social science*. Cambridge: , Reino Unido: Cambridge University Press, 1999. p. 38-65.
- NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Murilo Tissoni. *Vivá: Química: Ensino Médio*. v. 1. Curitiba: Positivo, 2016.



OLIVA-MARTINEZ, José María; ARAGÓN-MÉNDEZ, María del Mar. Contribución del aprendizaje con analogias al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de Las Ciencias*, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 195–208, jun. 2009.

RAPOSO, Patrícia Neves; MÓL, Gerson de Souza. A diversidade para aprender conceitos científicos: a resignificação do ensino de ciências a partir do trabalho pedagógico com alunos cegos. In: SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MACHADO, Patrícia Fernandes Lootens; MALDANER, Otavio Aloisio (org.). *Ensino de Química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. p. 287-311.

SÁ, Elizabet Dias de; CAMPOS, Izilda Maria de; SILVA, Myriam Beatriz Campolina. Inclusão escolar de alunos cegos e com baixa visão. In: SÁ, Elizabet Dias de; CAMPOS, Izilda Maria de; SILVA, Myriam Beatriz Campolina. *Atendimento educacional especializado: deficiência visual*. Brasília: Ministério da Educação: Secretaria de Educação a Distância: Secretaria de Educação Especial, 2007. p. 13-38.

SILVA, Ladjane Pereira da; LIMA, Analice de Almeida; SILVA, Suely Alves da. As analogias no ensino de Química: uma investigação de sua abordagem nos livros didáticos de Química do Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15., 2010, Brasília. *Anais*. Brasília: Sociedade Brasileira de Química, 2010.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Grupo de Estudos em Metáforas, Modelos e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (GEMATEC) do CEFET-MG.

Recebido em: 26.6.2022

Aprovado em: 29.9.2022