

DIVERSIDADE DE COMPARAÇÕES EMPREGADAS COMO RECURSO MEDIACIONAL PARA PRÁTICAS EDUCATIVAS EM QUÍMICAS E SUAS TECNOLOGIAS

Luciana Paula de Assis¹, Alexandre da Silva Ferry²

Resumo

Este artigo decorre de um projeto de pesquisa que teve por finalidade investigar potencialidades e limitações pedagógicas de práticas educativas em Ciência & Tecnologia fundamentadas em modelagem analógica. A investigação envolveu três etapas: (1^a) Análise do potencial analógico de comparações, no contexto da estequiometria, presentes nos livros didáticos de Química aprovados no Programa Nacional do Livro Didático 2018 (PNLD/2018), através de mapeamentos estruturais; (2^a) Elaboração de modelos analógicos para esses subtópicos de conteúdo para os quais as analogias haviam sido propostas; (3^a) Apresentação dos modelos analógicos para professores de Química da formação geral da Educação Profissional Técnica de Nível Médio (EPTNM), do CEFET-MG, por meio de um grupo focal, a fim de analisar suas percepções a respeito das potencialidades e limitações dos recursos mediacionais apresentados em eventuais situações de uso. Este artigo tem como foco os resultados da primeira etapa desta pesquisa que identificou, por meio da leitura integral dos capítulos que abordam os subtópicos da estequiometria nos seis livros de Química aprovados no PNLD/2018, 24 ocorrências de comparações que correspondem a 18 comparações distintas. As comparações foram mapeadas e permitiu concluir que entre as 18 identificadas existem, além das analogias, outros tipos de comparação. Isso sinaliza a importância de conhecer as particularidades dos tipos de comparação presentes em livros didáticos.

Palavras-chave: Analogias; Modelagem analógica; Ensino de estequiometria; Ensino de Química; Práticas educativas em Ciências.

¹ Mestranda em Educação Tecnológica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Graduada em Química Tecnológica pela Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail: lucianapauladeassis@gmail.com

² Doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professor do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica do CEFET-MG. E-mail: alexandreferry@cefetmg.br

Introdução

A Química é uma ciência que aborda diversos conceitos abstratos, conforme enunciado por alguns autores (RAVIOLO; LERZO, 2014; SILVA; LIMA; SILVA, 2010). Consequentemente, os estudantes apresentam dificuldades na compreensão e aplicação desses conceitos em situações-problema propostas por professores em sala de aula. A experiência como docente permite perceber que os alunos apresentam uma “resistência” em relação ao tema de estequiometria química no Ensino Médio (EM), o que torna a prática docente desafiadora. A estequiometria é uma parte fundamental no ensino de química e muitos estudantes apresentam dificuldades nesse conteúdo, não conseguindo assimilar todos os conceitos adequadamente (RAVIOLO; LERZO, 2016). Ademais, a pesquisa de Tristão, Freitas-Silva e Justi (2008) confirma que a estequiometria é um tópico que se insere em diversos contextos da Química e do cotidiano; eles identificaram que 61% dos alunos que ingressavam em um curso superior de Química apresentavam alguma dificuldade em relação ao tema de cálculos estequiométricos.

As comparações são potenciais ferramentas facilitadoras para assimilação e compreensão de conteúdos e são muito utilizadas por autores de livros didáticos. O livro didático é considerado o principal recurso utilizado por professores e alunos no processo de ensino e aprendizagem e, às vezes, é o único material didático disponível sobre o tema (BERNARDINO; RODRIGUES; BELLINI, 2013; SILVA; LIMA; SILVA, 2010). Em pesquisas sobre a utilização de analogias, que é um tipo de comparação, é comum o tema estequiometria aparecer entre os quais mais se emprega esse recurso em livros didáticos. Por exemplo, na pesquisa de Mól (1999), a estequiometria apareceu como um dos tópicos em que os professores mais utilizaram o recurso analógico. Monteiro e Justi (2000) identificaram que esse tema era o quarto com maior número de analogias presentes em onze coleções analisadas. O estudo de Francisco Junior (2009) apresentou a estequiometria, também, como o quarto assunto com maior número de analogias em livros didáticos de química, já em Silva, Lima e Silva (2010), o tema ficou em quinto, de dez tópicos analisados, com a maior quantidade de analogias.

Os modelos, tanto nas Ciências quanto na educação em Ciências, também se constituem como um recurso mediacional relevante. Os cientistas recorrem aos modelos como as principais ferramentas para produzir conhecimento científico (NERSESSIAN, 1999), o que viabiliza a utilização dos modelos como recurso de mediação pedagógica, uma vez que eles possibilitam

acesso a representações semelhantes às entidades de interesse científico (GALAGOVSKY; ADURIZ-BRAVO, 2001).

Entre os tipos de estratégias de modelagem existentes, há a modelagem analógica, que consiste na elaboração de modelos fundamentados em analogias, ou seja, as analogias podem ser fontes de ideias para a construção de modelos (MOZZER; JUSTI, 2018). Consideramos importante destacar que as autoras Mozzer e Justi, em seu trabalho de 2015, concebiam as analogias mais como “modelos de ensino” que como fonte para a elaboração de modelos didáticos. No entanto, conforme discutem Almeida, Almeida e Ferry (2016), os modelos de ensino são criados com finalidades didáticas, já as analogias são processos que podem ser utilizados como recurso de mediação didática durante o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem. O esquema da Figura 1 ilustra a diferença entre os conceitos de análogo, alvo e modelo; e entre os processos de analogia e modelagem.

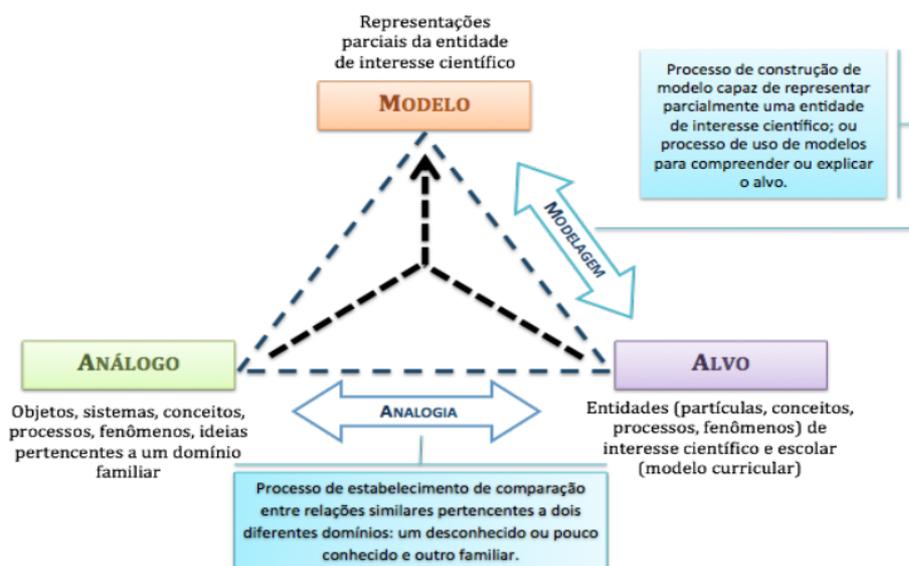


FIGURA 1. Esquema identificando os conceitos de modelo, análogo e alvo; e os processos de analogia e modelagem. Fonte: ALMEIDA, ALMEIDA e FERRY (2016).

O ensino com analogias favorece o desenvolvimento de processos criativos e, conseqüentemente, evolução das ideias, o que contribui para a otimização do pensamento abstrato nos indivíduos (OLIVA; ARAGÓN, 2009). Ademais, “a vivência da modelagem analógica favorece o desenvolvimento pelos estudantes de capacidades relacionadas ao raciocínio analógico”, conforme evidenciado na pesquisa de Mozzer e Justi (2018). Desse

modo, um estudo criterioso de analogias é fundamental para o campo da modelagem analógica, uma vez que os modelos analógicos são propostos com base em comparações entre um domínio familiar, conhecido, e um domínio alvo, desconhecido ou pouco conhecido.

No ensino de ciências a utilização das analogias e de modelos como recurso didático é muito frequente. Observa-se que diversos autores de livros didáticos, assim como professores, utilizam vários tipos de comparação e modelos na elaboração de materiais didáticos e em suas práticas docentes. Levando isso em consideração, consideramos importante que novas pesquisas nessa área sejam desenvolvidas a fim de compreender as implicações da utilização desses recursos de mediação pedagógica em sala de aula.

Por meio desta pesquisa, pretendemos contribuir para o campo de estudos constituído na interface da Educação em Ciências e da Educação Tecnológica, investigando potencialidades e limitações pedagógicas de práticas educativas em Ciência & Tecnologia (C&T) fundamentadas em modelagem analógica.

A proposta de investigação apresentada neste estudo iniciou-se com o levantamento e análise estrutural de comparações potencialmente analógicas em livros didáticos de Química, aprovados pelo PNLD/2018, no contexto de conteúdos procedimentais do ensino e da aprendizagem de estequiometria, de modo a fornecer material teórico para a elaboração de modelos analógicos. Após a elaboração dos modelos fundamentados em analogias estruturalmente consistentes e sistemáticas, pretendemos analisar as suas potencialidades e limitações pedagógicas com um grupo de professores de Química, que lecionam na EPTNM, por meio das suas percepções em eventuais situações de uso.

Para tanto, a pesquisa, caracterizada por uma abordagem qualitativa, têm três etapas:

- (i) Analisar o potencial analógico de comparações, no contexto da estequiometria, presentes nos livros didáticos de Química aprovados no Programa Nacional do Livro Didático 2018 (PNLD/2018), por meio de mapeamentos estruturais (Gentner, 1983; Ferry, 2018b);
- (ii) Elaborar modelos analógicos, a partir das comparações estruturalmente consistentes e sistemáticas, que possam ser utilizados no ensino dos respectivos subtópicos de conteúdo para os quais as analogias haviam sido propostas;
- (iii) Apresentar os modelos analógicos para professores de Química da formação geral da EPTNM, do CEFET-MG, por meio de grupos focais, a fim de analisar suas

percepções a respeito das potencialidades e limitações dos recursos mediacionais apresentados em eventuais situações de uso.

Esse artigo apresenta os resultados da primeira etapa da pesquisa em que procedemos a leitura integral dos capítulos referentes à temática de estequiometria nos seis livros de Química aprovados no PNLD/2018, para identificação de comparações utilizadas pelos autores, por meio do reconhecimento de expressões ou de ilustrações que evidenciavam o seu estabelecimento. Optamos pela escolha e análise dos seis livros didáticos desse componente curricular recentemente aprovados pelo PNLD/2018, cujas ações destinam-se aos alunos e professores das escolas da educação básica pública brasileira. Os seis livros foram codificados em: A (Editora Moderna), B (Editora Ática), C (Edições SM), D (Scipione), E (Positivo) e F (AJS).

Após essa leitura, realizamos os mapeamentos estruturais das comparações evidenciadas de maneira a permitir a análise estrutural, semântica e pragmática das comparações. Por meio dessa análise, selecionamos analogias estruturalmente consistentes e sistemáticas de acordo com a teoria do mapeamento estrutural (TME) de Gentner (1983) e a teoria das múltiplas restrições de Holyoak e Thagard (1989).

Desenvolvimento

- **Fundamentação Teórica** - Ensino de Ciências mediado por Analogias

O estudo das analogias no ensino de ciências intensificou-se nas décadas de 80 e 90 (DUARTE, 2005). Assim, o conceito de analogia é abordado por diversos pesquisadores e tem como origem o significado matemático de proporção, conforme relata Haaparanta (1992). Desse modo, é fundamental conhecer os diferentes conceitos atribuídos por alguns autores em relação a analogia, conforme Quadro 1.

QUADRO 1 - Conceitos de analogia por alguns autores.

Autor (a)	Conceito de Analogia
Gentner (1983)	Comparação com foco relacional, que permite estabelecer correspondências entre relações similares presentes em dois domínios distintos: um domínio base e um domínio alvo
Duit (1991)	Relação entre partes das estruturas de dois domínios: um conhecido e outro desconhecido
Glynn (1991)	Comparação entre as similaridades de dois conceitos
Zook (1991)	Comparação não-literal entre domínios que são de conhecimentos superficialmente diferentes

Apesar da diferença entre os conceitos, observamos que a maioria aborda as similaridades entre um domínio conhecido e outro desconhecido que uma analogia apresenta. Diante do exposto, e considerando a linha de pesquisa que esse projeto se enquadra, o referencial teórico considerado para o conceito de analogia será o de Gentner (1983), pois o grupo já desenvolve pesquisas nessa perspectiva e considera essa teoria criteriosa nessa área de estudo. Assim, Gentner (1983) conceitua a analogia como em um tipo de comparação que envolve correspondências relacionais entre dois domínios distintos – um domínio base (DB) e um domínio alvo (DA), estabelecida com a intenção de se explicar/compreender o DA, desconhecido ou pouco conhecido, a partir do conhecimento sobre o DB, considerado familiar por quem o estabelece.

Gentner (1983) desenvolveu a teoria do mapeamento estrutural (TME) que permite classificar os tipos de comparação, enriquecendo esse campo de estudos e contribuindo para uma análise criteriosa das analogias. À luz da TME de Gentner (1983), Ferry (2016), com atualização em Ferry (2018b), propôs símbolos para uma representação padrão entre as correspondências existentes em uma comparação, o que ficou conhecido como mapeamento estrutural das comparações.

Esta pesquisa abordará o padrão representacional elaborado por Ferry (2016), atualizado em Ferry (2018b), para o mapeamento estrutural das comparações encontradas ao longo da pesquisa, pois considera-se essa representação enriquecedora para a análise estrutural. Dessa forma, isso permite distinguir os diferentes tipos de comparação, classificadas como: similaridade literal, analogia, anomalia, similaridade de mera aparência, abstração, metáfora relacional e metáfora baseada em atributos (GENTNER; MARKMAN, 1997; GENTNER, 1983). O Quadro 2 ilustra as diferenças entre esses tipos de comparação apresentando, qualitativamente, os focos das comparações a respeito das correspondências entre atributos (predicados descritivos dos elementos constituintes de cada domínio) e das correspondências entre relações similares existentes em cada domínio. Esse quadro foi elaborado a partir de uma versão mais simples apresentada em Gentner (1983), com considerações de Gentner & Markman (1997) e contribuições de Ferry (2016).

QUADRO 2 - Classificação dos tipos de comparação segundo a TME.

Tipo de Comparação	Atributos de elementos mapeados do DB para o DA	Relações mapeadas do DB para o DA	Exemplo
Similaridade Literal	Muitos	Muitas	O sistema solar K5 é como o nosso sistema solar.
Analogia	Poucos	Muitas	O átomo de Bohr é como o nosso sistema solar.
Anomalia	Poucos ou nenhum	Poucas ou nenhuma	O buraco negro no centro da Via Láctea é como um ponto escuro em um pedaço de papel.
Similaridade de mera aparência	Muitos	Poucas	O átomo de Dalton é como uma bola de sinuca.
Abstração*	Poucos	Muitas	O átomo é um sistema de força central.
Metáfora relacional	Poucos ou nenhum	Muitas	Os elementos químicos Li, Na e K são de uma mesma família.
Metáfora baseada em atributos	Muitos	Poucas ou nenhuma	Os orbitais atômicos são nuvens eletrônicas
*As abstrações diferem das analogias por envolver domínios carentes de concretude, especialmente no domínio base, implicando em certa dificuldade de sua visualização.			

Fonte: Adaptado de Gentner (1983), Gentner & Markman (1997) e Ferry (2016).

Gentner & Markman (1997) sugerem que uma analogia deve apresentar três condições estruturais: consistência estrutural, foco relacional e sistematicidade. Os autores explicam que para uma analogia ser estruturalmente consistente, ela deve apresentar conectividade em paralelo, em que cada relação deve possuir um argumento correspondente, e correspondências um-a-um, em que cada correspondência da base deve se relacionar com apenas uma correspondência do alvo. Como segunda condição estrutural, as analogias devem apresentar o foco nas relações e não em atributos dos objetos, caracterizando assim o foco relacional, já a sistematicidade abordada pelos autores infere sobre a tendência das analogias em fornecer um sistema de relações conectados, ou seja, existe relação de segunda ordem ou ordem superior que englobam relações de primeira ordem.

Ainda no âmbito do ensino de ciências com analogias, temos uma segunda teoria que fornece critérios para a análise de analogias no âmbito estrutural, semântico e pragmático, a teoria das múltiplas restrições (multiconstraint theory) de Holyoak e Thagard (1989). Segundo os autores, o mapeamento estrutural entre as correspondências do DB e DA é fundamental para a análise de uma comparação. Eles relatam três características que uma analogia deve

apresentar: consistência estrutural, similaridade semântica e adequação pragmática.

A consistência estrutural constitui-se no isomorfismo que as correspondências do DB e do DA devem apresentar, já a similaridade semântica está relacionada à similaridade do significado das correspondências mapeadas. A adequação pragmática, proposta pelos autores, diz respeito aos propósitos e finalidades da analogia no contexto de ensino, identificando quais aspectos da base são importantes para atender os objetivos na analogia.

Diante do exposto, consideramos esse referencial teórico importante para um estudo que envolveu as analogias na primeira etapa da pesquisa, que consistiu na identificação das analogias estruturalmente consistentes e com maior grau de sistematicidade em livros didáticos de Química no contexto da estequiometria, para então, servirem como fonte de inspiração para o desenvolvimento de modelos analógicos.

- **Resultados e discussões**

A partir da leitura dos capítulos envolvendo o contexto da estequiometria nos livros aprovados no PNLD/2018 foram identificadas 24 ocorrências de comparações de acordo com as evidências de expressões ou de ilustrações que demonstrava o seu estabelecimento. Os livros A e B apresentaram duas ocorrências cada um e os demais livros cinco ocorrências cada.

Em seguida essas 24 ocorrências de comparações foram classificadas de acordo com o conteúdo em que elas estavam inseridas no contexto da estequiometria nos respectivos livros, conforme ilustra o Quadro 3.

QUADRO 3 – Subtópicos da Estequiometria que apresentaram algum tipo de comparação.

Subtópico da Estequiometria	Quantidade de comparações	Livros didáticos
Balanceamento de Equação Química	2	A, F
Dimensão atômica	1	F
Massa atômica	1	E
Massa Molar	1	C
Quantidade de matéria enquanto grandeza física	5	C, D, E (2), F
Constante de Avogadro	9	A, C (3), D (3), E, F
Lei de Proust	2	B, D
Relações estequiométricas	1	F
Reagente em excesso e limitante	2	B, E

O Quadro 3 evidencia que os conteúdos com maior quantidade de comparações foram os conteúdos de “Quantidade de matéria enquanto grandeza física” e o da “Constante de

Avogadro”, que são dois subtópicos da estequiometria de caráter muito abstrato, o que pode ter influenciado na escolha dos autores de utilizarem comparações na tentativa de aproximar o conteúdo abstrato de uma natureza mais concreta.

Diantes desses dados e do referencial teórico de Gentner (1983) e Gentner & Markman (1997), classificou-se as comparações quanto ao seu tipo (Quadro 4), considerando o domínio base e o domínio alvo estabelecido durante a exposição da comparação no livro. Foram identificadas uma quantidade maior do tipo de comparação classificada como analogia, conforme ilustra o Quadro 4.

QUADRO 4 – Diversidade de comparações encontradas nos livros didáticos de Química do PNL D/2018.

Tipo de comparação	Quantidade de ocorrências	Livro didático
Metáfora Relacional	1	A
Abstração	5	C (2) ,D (2) ,E
Analogia	13	B (2), C (2), D (2), E (3), F (4)
Comparação por contraste	5	A, C, D, E, F

A teoria do mapeamento estrutural (TME) de Gentner (1983) permite que mapeamentos estruturais sejam elaborados a partir da comparação estabelecida de modo a classificar a comparação como: analogia, anomalia, abstração, metáfora relacional, metáfora baseada em atributos, comparação de mera aparência ou similaridade literal. Além disso, Ferry (2018a) propõe uma nova categoria emergente denominada comparação por contraste.

Em seguida, apresentamos dois mapeamentos de duas comparações distintas mas relacionadas com o mesmo domínio alvo do conteúdo do subtópico da estequiometria: quantidade de matéria, mol e massa molar.

A primeira comparação envolve o subtópico “Quantidade de matéria enquanto grandeza física” e é estabelecida entre o domínio base: unidade de medida quilograma associada a uma grande quantidade de grãos de feijão, arroz ou sal; e o domínio alvo: unidade mol associada a uma grande quantidade de partículas. A Figura 2 ilustra como a comparação é apresentada no livro didático E e o Quadro 5 o mapeamento estrutural elaborado a partir do domínio base e alvo identificados no texto.

Mol: unidade fundamental para a Química

Os cálculos químicos apresentam algumas particularidades. Uma delas é o uso de uma unidade de medida característica, o mol. Como você já estudou, uma unidade de medida é uma quantidade fixada, usada como referência para comparar grandezas da mesma espécie. Existem diferentes unidades de medida, como o metro, o quilograma, o segundo, unidades do Sistema Internacional de Unidades. Mol é a unidade de medida básica do SI, bastante utilizada em cálculos químicos.

Imagine que você tenha de contar o número de “grãos” existentes em uma porção de feijão, em uma de arroz e em uma de sal, como nas fotos abaixo. Qual porção seria mais fácil de contar?



Quantas unidades há na porção de feijão, na de arroz e na de sal? Seria possível contar os grãos do sal?

Certamente, seria mais fácil contar os grãos de feijão, pois, quanto maior for a dimensão das unidades, mais simples será a contagem.

De acordo com o tipo de material, certas unidades de medida são mais usadas. Assim, compramos arroz e feijão por quilograma (kg), areia por metro cúbico (m³), flores e frutas por dúzia.

FIGURA 2. Comparação entre o “quilograma” enquanto unidade de grãos e o “mol” enquanto unidade de quantidade de matéria.

QUADRO 5 – Mapeamento estrutural da comparação entre o “quilograma” enquanto unidade de grãos e o “mol” enquanto unidade de quantidade de matéria.

Domínio Base	Correspondências	Domínio Alvo
← Grãos (feijão, arroz, sal)	E_1	Entidades elementares (moléculas, átomos)
← Quilograma	E_2	Mol
O quilograma expressa a massa de uma grande quantidade de grãos pequenos	$r_1(E_1, E_2)$	O mol expressa uma grande quantidade de entidades elementares que constituem a matéria
← 1 quilograma não corresponde a uma quantidade específica de grãos	$D_1: [r_1(E_1, E_2)]$	1 mol corresponde a uma quantidade específica de entidades elementares (aprox. 6×10^{23} unidades)

O mapeamento estrutural evidenciado no Quadro 5 indica que apesar de ser um mapeamento simples com apenas dois elementos, uma relação de primeira ordem e uma diferença alinhável, a comparação tem foco relacional e, portanto, pode ser classificada como uma analogia, segundo a TME de Gentner (1983). Apesar da baixa sistematicidade da comparação, ela apresenta outros fatores que a classificam como uma analogia, como a conectividade em paralelo e a similaridade semântica das correspondências, conforme a TME de Getner (1983) e teoria das múltiplas restrições de Holyoak & Thagard (1989).

A segunda comparação apresentada neste artigo aborda o subtópico da “Massa molar”, que está relacionado com o subtópico anterior do “mol” como unidade de quantidade de matéria. A comparação ocorre entre o domínio base: massa de dúzias de diferentes frutas; e o domínio alvo:

massas molares de diferentes substâncias. A Figura 3 demonstra como a comparação está enunciada no livro didático C e no Quadro 6 o mapeamento estrutural elaborado a partir do domínio base e alvo identificados no texto.

SAIBA MAIS

Analogias para o conceito de mol

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

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

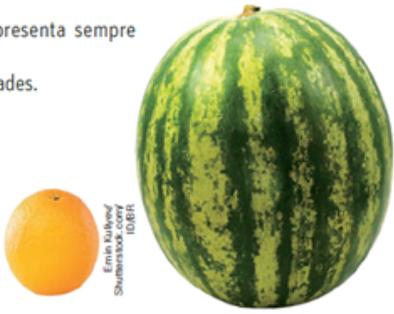
Uma dúzia, seja de laranjas, ovos, canetas ou melancias, apresenta sempre 12 unidades.

De forma semelhante, 1 mol apresenta sempre $6,0 \times 10^{23}$ unidades.

Sabe-se que uma dúzia de melancias possui massa muito maior que uma dúzia de laranjas. Em outras palavras, a massa do conjunto (dúzia) depende de sua identidade.

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

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



Elena Schweitzer (Shutterstock.com/101818)

A massa da melancia é maior que a da laranja.

FIGURA 3. Comparação entre a massa de uma dúzia de frutas e a massa molar de diferentes substâncias.

QUADRO 6 – Mapeamento estrutural da comparação entre a massa de uma dúzia de frutas e a massa molar de diferentes substâncias.

Domínio Base	Correspondências	Domínio Alvo
Frutas	E_1	Entidades elementares (átomos, íons, moléculas)
Tipos de fruta (banana, maçã etc)	E_2	Substâncias (HCl, NaOH etc)
Dúzia	E_3	Mol
Massa das frutas, individualmente	$A_1 (E_1)$	Massa das entidades elementares, individualmente (massa molar)
As massas das frutas de um mesmo tipo são, geralmente, diferentes	$D_1: [A_1 (E_1)]$	Sem considerar a existência de isótopos, as massas das entidades elementares (moleculares) de uma mesma substância são iguais entre si
Uma dúzia de frutas corresponde a 12 frutas	$r_1 (E_1, E_3)$	Um mol de entidades elementares corresponde a $6,02 \times 10^{23}$ entidades elementares
Massa de 1 dúzia de frutas	$A_2 (E_3)$	Massa de 1 mol (massa molar) de entidades elementares
Tipos de frutas diferentes possuem massas diferentes	$r_2 (E_2, A_1)$	Substâncias diferentes possuem massas diferentes
A massa de uma dúzia de frutas, que corresponde a 12	$R_1 (A_2, r_1, r_2)$	A massa de 1 mol de entidades elementares, que corresponde a $6,02 \times 10^{23}$ entidades

O Quadro 6 apresenta o mapeamento estrutural elaborado de acordo com a TME de Gentner (1983) e as contribuições de Ferry (2016, 2018b), ele apresenta três elementos, dois atributos, duas relações de primeira ordem e uma relação de segunda ordem ou ordem superior, além de uma diferença alinhável. Isso evidencia que esse mapeamento é mais complexo que o da comparação anterior, pois apresenta uma quantidade de correspondências superior. Além disso, de acordo com as teorias citadas, a segunda comparação, também, tem foco relacional, consistência estrutural, similaridade semântica e, conseqüentemente, é classificada como uma analogia.

Ademais, destaca-se uma maior sistematicidade nesse segundo mapeamento, uma vez que ele possui uma quantidade maior de correspondências relacionais entre os domínios base e alvo e, também, uma relação de ordem superior, como evidenciado em R1. Assim, é possível afirmar que essa comparação é mais sistemática que a primeira, o que pode indicar uma possibilidade de uma maior quantidade de inferências em relação a esse subtópico quando abordado em uma sala de aula.

Conclusão

O ensino de estequiometria é uma prática desafiadora para docentes e discentes, especialmente, na educação básica. Assim, essa pesquisa buscou contribuir com reflexões em relação ao uso de comparações no ensino de subtópicos da estequiometria a partir da análise de comparações encontradas em livros didáticos de Química aprovados no PNLD/2018.

Os resultados apresentaram uma maior quantidade de comparação do tipo analogia (13 ocorrências), o que sugere que autores de livros didáticos utilizam o recurso da comparação com o foco mais relacional em comparação com o foco em atributos entre os domínios base e alvo. Além disso, os mapeamentos estruturais permitiram analisar que comparações classificadas igualmente, ou seja, ambas analogias, permitem abordagens didáticas diferentes. Isso foi ilustrado com os mapeamentos de duas analogias distintas, mas com subtópicos de conteúdo similares, que permitiu analisar a consistência estrutural da analogia, sua similaridade semântica e a sistematicidade. O mapeamento estrutural que apresentou uma quantidade superior de

relações de primeira ordem e relações de segunda ordem sugere que essa analogia tem um poder inferencial maior que a analogia que explicitou no mapeamento estrutural apenas uma relação de primeira ordem.

Desse modo, essa pesquisa contribuiu para as discussões no ensino de Ciências com foco em comparações, especialmente das analogias, utilizadas por autores de livros didáticos para o ensino de Química, o que pode provover novos projetos de pesquisa na área de ensino de Ciências com analogias e/ou na área de ensino de Ciências com modelagem analógica.

Referências

ALMEIDA, D. J. E. de; ALMEIDA, R. B. S. de; FERRY, A. da S. MAES-3DMF: mapeamento estrutural de um Modelo Analógico do Espaço Sideral 3D em Meio Fluido para o ensino de Ciências. In: LASERA, 2016, Costa Rica.

BERNARDINO, M. A. D.; RODRIGUES, M. A.; BELLINI, L. M. Análise crítica das analogias do livro didático público de química do estado do Paraná. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 19, n. 1, p. 135-150, 2013. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5285711>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

DUARTE, M. C. Analogias na educação em ciências contributos e desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*, Braga, v. 10, n. 1, p. 7-29, 2005. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/520>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

DUIT, R. On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.3730750606>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

FERRY, A. da S. Análise Estrutural e Multimodal de Analogias em uma Sala de Aula de Química. 2016. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Conhecimento e Inclusão Social em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2016.

FERRY, A. da S.; LEITE, L. Analogias e outros tipos de comparação no contexto das teorias atômicas em Livros Didáticos Portugueses de Ciências Físico-Químicas. XIX Encontro Nacional de Ensino de Química (XIX ENEQ). Rio Branco, AC, Brasil – 16 a 19 de julho de 2018a. Disponível em: <<https://gematec.000webhostapp.com/Banners/ba499675a55052555424213a55c799dd.jpg>> Acesso em 21 mai. 2019.

FERRY, A. da 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, 2018b. 114 p. ISBN 978-85-7861-561-1

FRANCISCO JUNIOR, W. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo PNLEM 2007. *Ciências & Cognição*, v. 14, n. 1, p. 121-143, 2009. Disponível em: <<http://cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/43>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

GALAGOVSKY, L. R.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 19, n. 2, p. 231-242, 2001. Disponível em: <<https://ddd.uab.cat/record/1527>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

GENTNER, D. Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science*, v. 7, p. 155-170, 1983. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0364021383800093>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

GENTNER, D.; MARKMAN, A. Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, v. 52, n. 1, p. 45-56, 1997. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1997-02239-006>>. Acesso em: 16 mai. 2019. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X.52.1.45>

GLYNN, S. *Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model*. In: GLYNN, S. M.; YEANY, R.H. & BRITTON, B.K. (Eds). *The Psychology of Learning Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240. 1991.

HAAPARANTA, L. The Analogy Theory of Thinking. *Dialectica*, v. 46, n. 2, p. 169-183, 1992. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1746-8361.1992.tb00091.x>>. Acesso em: 16 mai. 2019. <https://doi.org/10.1111/j.1746-8361.1992.tb00091.x>

HOLYOAK, K. J.; THAGARD, P. Analogical Mapping by Constraint Satisfaction. *Cognitive Science*, v. 13, p. 295-355, 1989. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1207/s15516709cog1303_1>. Acesso em: 16 mai. 2019. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1303_1

OLIVA-MARTÍNEZ, J. M.; ARAGÓN-MÉNDEZ, M DEL M. Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, v. 27, n. 2, p. 195-208, 2009. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/132237>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

MÓL, G. de S. O uso de analogias no ensino de Química. 1999. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação, Instituto de Química da Universidade de Brasília: Brasília, 1999.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em Livros Didáticos de Química Brasileiros Destinados ao Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000. Disponível em:

<<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/650>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. “Nem tudo que reluz é ouro”: uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 15, n.1, p. 123-147. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4305>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Modelagem analógica no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, Belo Horizonte, v. 23, n. 1, p. 155-182, 2018. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/883>>. Acesso em: 16 mai. 2019. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n1p155>

NERSESSIAN, N. J. Model-based reasoning in conceptual change. In: *Model-based reasoning in scientific discovery*. Springer, Boston, MA, 1999. p. 5-22.

RAVIOLO, A. e LERZO G. Analogías em la enseñanza de la estequiometría: revisión de páginas web. *Revista Electrónica de Investigación en Educación em Ciências*, Bariloche, v. 9, p. 28-41, 2014. Disponível em: <<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/reiec/article/view/7494>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

RAVIOLO, A. e LERZO G. Enseñanza de La estequiometria: uso de analogias y comprensión conceptual. *Educación en la Química*, Bariloche, v. 27, p. 195-204, nov. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2016000300195>. Acesso em: 16 mai. 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.003>

SILVA, L. P. da; LIMA, A. de A.; SILVA, S. A. da. As Analogias no Ensino de Química: Uma Investigação de sua Abordagem nos Livros Didáticos de Química no Ensino Médio. In: *XV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA*, 15., 2010, Brasília.

TRISTÃO, J. C.; FREITAS-SILVA, G.; JUSTI, R. S. (2008). Estequiometria: Investigações em uma Sala de Aula Prática. In: *XIV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA*, 15, 2008, Curitiba.

ZOOK, K. B. Effects of analogical processes on learning and misrepresentation. *Educational Psychology Review*, v. 3, n. 1, p. 41-72, 1991. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF01323662>>. Acesso em: 16 mai. 2019.