

DOI: <https://doi.org/10.48075/ReBECCEM.2025.v.9.n.2.33385>

**TEORIA DO MAPEAMENTO ESTRUTURAL: ANÁLISE ASSOCIADA À
CINÉTICA QUÍMICA EM LIVROS DIDÁTICOS APROVADOS PELO PNLD
2021**

**STRUCTURAL MAPPING THEORY: ANALYSIS ASSOCIATED WITH
CHEMICAL KINETICS IN TEXTBOOKS APPROVED BY THE PNLD 2021**

Renan Martins Libório¹

Saulo César Seiffert Santos²

Katiuscia dos Santos de Souza³

Resumo: O objetivo deste estudo foi analisar as analogias presentes nos livros didáticos, no ensino do conceito de Cinética Química. O embasamento da pesquisa residiu na consideração da capacidade cognitiva das analogias como instrumentos fundamentais para o ensino e aprendizagem, adotando como base o mapeamento estrutural proposto por Gentner e colaboradores, bem como Ferry. Foram investigadas as analogias utilizadas nos livros didáticos do novo Ensino Médio, especificamente no LD5. O processo incluiu a identificação e análise das páginas que continham as analogias, determinando os domínios de base e os análogos. Os resultados obtidos a partir da aplicação do Mapeamento Estrutural revelaram que as analogias empregadas para explicar a Cinética Química exploram os elementos, seus atributos e as relações entre os domínios. No entanto algumas dessas analogias também evidenciaram limitações e diferenciações, mormente aspectos cruciais que podem impactar a compreensão do conceito pelos alunos.

Palavras-chave: Analogia; Mapeamento Estrutural; Livro Didático; Química.

Abstract: The aim of this work was to analyze the analogies presented in textbooks, in the teaching of the concept of Chemical Kinetics. The research is based on the understanding of the cognitive capacity of analogies as fundamental instruments for teaching and learning, adopting as a source the structural mapping proposed by Gentner, Ferry, and their collaborators. The investigation focused on the analogies used in the textbooks of the new High School norms, specifically in the LD5. The process included the identification and analysis of the pages that contained the analogies, determining the base domains and the analogs. The results obtained by the application of Structural Mapping revealed that the analogies used to explain Chemical Kinetics explore the elements, their attributes, and the relationships between the domains. However, some of these analogies also showed limitations and differences, highlighting crucial aspects that can impact the understanding of the concept by the students.

Keywords: Analogy; Structural Mapping; Textbook; Chemistry.

¹ Licenciado em Química pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Amazonas (PPG-ECIM), Manaus, AM, Brasil. E-mail: renan_martinn@outlook.com

² Doutor em Educação em Ciências pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Professor do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM, Brasil. E-mail: sauloseiffert@ufam.edu.br

³ Doutora em Química pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Professora do Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas (ICE-UFAM), Manaus, AM, Brasil. E-mail: katy_souza@ufam.edu.br

1 Introdução

O processo de ensino e aprendizagem é um intrincado intercâmbio de informações e conhecimentos entre um educador e um estudante com o objetivo de facilitar a aquisição de novas habilidades, competências e compreensões. Esse processo no campo das Ciências envolve o compartilhamento de informações, a exploração de conceitos, a resolução de problemas e a construção do pensamento crítico. É fundamental que o educador adapte sua abordagem ao estilo de aprendizado de cada aluno, estimulando o interesse e a motivação para maximizar a eficácia da educação.

Por sua vez, quando focalizamos o aprendizado de conceitos, deparamo-nos com barreiras no processo de aprendizagem, como, por exemplo, a abordagem dos conceitos em simplificações abstratas da realidade, o que pode levar a uma compreensão superficial ou inadequada de fenômenos complexos. No entanto a falta de recursos materiais que possam apoiar o ensino de conceitos científicos em sala de aula cria um descompasso com o discurso do professor. Isso se torna um fator adicional que dificulta a relação já problemática com disciplinas científicas, muitas vezes abstratas, como a Química (Santos; Santana, 2018).

Portanto, reconhecer as limitações inerentes ao aprendizado de conceitos é crucial para desenvolver estratégias de ensino muito eficazes e promover uma compreensão mais profunda e contextualizada do mundo ao nosso redor. Logo, uma estratégia que visa ao processo de construção de conceitos seria a analogia, a qual consiste em comparações diretas entre dois contextos: um familiar ou conhecido pelo estudante (chamado de análogo ou veículo) e outro desconhecido (alvo), o que se busca compreender através da analogia (Ferry; Paula, 2017).

Posto isso, o presente estudo propõe discutir quais as potencialidades e implicações do uso dessas analogias em livros didáticos de Química no novo currículo do Ensino Médio, no que tange ao Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) de 2021. Para tanto, colocando em tela o objetivo de responder ao seguinte questionamento: “como podem ser caracterizadas as analogias utilizadas por autores de livros didáticos de Química para apresentar conceitos científicos relacionados à Cinética Química?”. Desse modo, o presente trabalho objetivou analisar as analogias utilizadas, nos livros didáticos da área da Ciências da Natureza e suas Tecnologias do novo Ensino Médio, para o ensino de Cinética Química.

2 Analogias no Ensino

As analogias desempenham um papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem porque são poderosos artefatos cognitivos que ajudam os alunos a compreender conceitos complexos e abstratos, vistos como pontes ao estabelecer conexões entre ideias familiares (conhecimentos prévios) e novos conceitos, as analogias tornam o aprendizado mais acessível e significativo (González, 2005).

De acordo com Glynn (2007), uma analogia consiste em encontrar semelhanças entre ideias ou conceitos e essas semelhanças podem ser valiosas para os alunos na criação de conexões conceituais entre o que já conhecem e novos aprendizados. Isso é particularmente útil quando lidam com novos conceitos que podem ser sistemas complexos e desafiadores de compreender, com várias partes interagindo entre si, isto é, funcionam como pontes mentais, permitindo que os alunos relacionem o desconhecido ao conhecido e facilitando a assimilação de informações (Nagem; Oliveira; Teixeira, 2001).

Nagem, Oliveira e Teixeira (2001) discutem que a utilização de analogias não apenas promove uma inovação pedagógica, que se manifesta mediante uma abordagem dinâmica e flexível na construção de conceitos pelos alunos, mas também estimula o reconhecimento cada vez maior da importância da intuição fundamental, conforme tratado por diversos autores em reflexões sobre processos vitais e cognitivos.

Portanto, é relevante explorar a temática das analogias, destacando as formas de raciocínio que podem apoiar os estudantes na aquisição de conhecimento, facilitando uma compreensão mais profunda e uma melhor elaboração do pensamento no que se refere à formação de conceitos científicos.

As analogias têm a capacidade de atuar como "modelos mentais" iniciais que os estudantes podem empregar para desenvolver entendimentos primários, porém substanciais, de conceitos de difícil compreensão. Essas analogias desempenham uma função crucial ao auxiliar os alunos na construção do seu próprio conhecimento (Glynn, 2007).

Além disso, as analogias promovem o desenvolvimento da criatividade e da capacidade de resolução de problemas. Ao forçar os alunos a fazer conexões entre domínios aparentemente distintos, as analogias estimulam a mente a explorar diferentes perspectivas e a encontrar soluções inovadoras, tornando o processo de aprendizagem

mais envolvente e interessante, pois, muitas vezes, incorporam elementos do cotidiano, histórias ou metáforas que cativam a atenção dos alunos (Almeida; Diniz, 2020). Em resumo, as analogias são recursos valiosos para educadores e estudantes, pois não apenas facilitam a compreensão do conteúdo, elas também enriquecem a experiência de aprendizado, tornando-a mais dinâmica e estimulante.

Apesar das vantagens, o uso das analogias pode apresentar alguns problemas, como uma utilização inconsciente e automática que resultará em associações inadequadas. Isso ocorre com frequência porque os professores raramente proporcionam oportunidades para os alunos contribuírem com suas próprias analogias, o que pode levar a dificuldades como a interpretação errônea da analogia, como o próprio conceito em estudo ou a retenção apenas dos detalhes evidentes, sem alcançar o entendimento desejado (Hoffmann; Scheid, 2007). Ademais, pode haver falhas na indução de um raciocínio analógico para compreensão ou na falta de reconhecimento explícito da utilidade da analogia (Araújo; Malheiros; Teixeira, 2015; Duarte, 2005).

A proposta do *Teaching-With-Analogies* (TWA) (Glynn, 2007) configura-se em seis partes, sendo elas: (1) apresentar o conceito-alvo; (2) lembrar aos alunos o que sabem sobre o conceito analógico; (3) identificar características relevantes dos conceitos; (4) conectar/mapear as características semelhantes dos conceitos envolvidos; (5) indicar onde a analogia entre os conceitos falha; (6) tirar conclusões sobre o conceito que se quer ensinar, no caso, o conceito científico.

Esse modelo tem como objetivo principal auxiliar professores e educadores na organização e aplicação de uma abordagem metodológica específica para a utilização de analogias como instrumento de ensino, um direcionamento para minimizar equívocos de planejamento e aprendizado (Glynn, 2007).

Os modelos podem ser distintos em suas estruturas, porém todos visam à relação entre o análogo e o conceito que se quer ensinar/aprender levando em consideração as possibilidades e os limites da analogia para não confundir o estudante, muito menos criar concepções alternativas, que são os entendimentos dos fenômenos da natureza que estão em desacordo com os conceitos científicos, teorias e leis que servem para descrever o mundo em que vivemos (Leão; Kalhil, 2015).

3 Analogias e o Modelo Mental

Construir uma compreensão completamente nova para os alunos torna-se uma tarefa especialmente árdua quando envolve conceitos teóricos e abstratos que carecem de exemplos palpáveis no mundo real. Isso desafia tanto os educadores quanto os estudantes a explorar estratégias criativas de ensino e aprendizagem para superar a barreira de abstração e tornar o conteúdo mais acessível (Galván; Pérez, 2023).

Nesse contexto, oferecer um modelo de comparação pronto pode tornar o processo de construção do conhecimento mais acessível. Portanto, a comparação emerge como uma estratégia pedagógica valiosa no ensino de Ciências, auxiliando os alunos na formação de um modelo mental inicial que servirá como alicerce para sua aprendizagem futura, sendo o modelo de compreensão voltado a analogias (González, 2005).

Para González (2005), a analogia é uma tentativa de modelagem no processo da aprendizagem, isto é, o desenvolvimento de modelos no processo de ensino-aprendizagem. Logo, analogias associam duas situações, relacionando uma situação familiar ao indivíduo com outra situação desconhecida ou nova, dessa forma, contribuindo para uma construção de modelo mental mais compreensível e uma aprendizagem menos mecânica e mais significativa (González, 2005; Silva; Santos, 2023).

Portanto, a analogia é um processo que envolve a comparação de duas situações distintas com o propósito de facilitar a conexão entre o conhecimento prévio e conceitos ou fenômenos novos. Em essência, a analogia ou o modelo analógico funciona como uma ponte, transferindo informações de uma situação conhecida ou análoga para uma situação desconhecida ou **tópica**⁴, assim, envolvendo uma trama ou esquema de relações que se estabelecem entre ambos e cuja estrutura comum dará origem ao modelo mental “Modelo analógico” (González, 2005; Ferry; Nagem, 2008).

Conforme destacado por González (2005), ao empregar analogias, desencadeia-se um processo cognitivo denominado Raciocínio Analógico (RA). Esse processo contribui significativamente para a aquisição de novos conhecimentos porque permite que se desenvolvam com base no conhecimento prévio, já adquirido. Isso, por sua vez, possibilita a realização de inferências, a construção de hipóteses e, em última análise, facilita o processo de aprendizagem.

⁴ O tópico pode ser o tema, o conceito, o fenômeno que se deseja aprender fazendo relação com o análogo.

Embora as afirmações anteriores realcem a importância da analogia no processo de ensino-aprendizagem, elas não dão uma definição precisa e concisa da própria analogia que esclareça como sua estrutura funciona e como as partes análogas conectam-se ao tópico. Além disso, não estabelecem uma diferenciação clara entre analogias e outras formas de comparações usadas como recursos educacionais, tampouco realizam uma análise minuciosa das variáveis associadas à eficácia de uma analogia, assim como das etapas e fatores envolvidos no RA (Ferry; Nagem, 2008).

Logo, González (2002) mostra uma representação da estrutura externa de uma analogia pela qual ressalta a relação que existe entre o análogo, o tópico e o modelo mental (Figura 1).

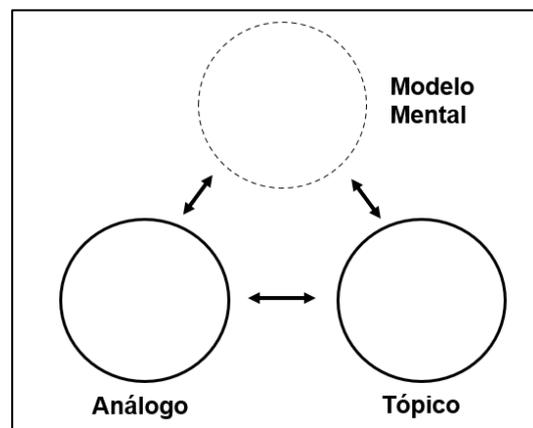


Figura 1: Estrutura de uma Analogia
Fonte: González (2002, p. 210).

A analogia pode ser descrita como um processo em que se estabelece uma correspondência de relações entre as características similares do análogo e do tópico ao compará-los. Essa rede de relações pode ser visualizada como um entrelaçamento que conecta as características correspondentes do análogo e do tópico, referida como teia de relações ou relação analógica, sendo que essas semelhanças constituem a estrutura interna da analogia (González, 2005; Ferry; Nagem, 2008).

Outro ponto a ser destacado no modelo analógico são os elementos que constituem o análogo e o tópico, estes denominados componentes, assim como as conexões (ligações) que existem entre eles. As características dos componentes denominam-se atributos e trama ou relação analógica (teia de relações) – compreendendo um conjunto de relações de características similares entre o análogo e o tópico – que constituem o modelo mental (González, 2005).

Além disso, o modelo estrutural do RA faz distinção entre comparações de atributos de componentes, que são denominadas comparações de ordem inferior, e comparações desses atributos que têm conexões ou relações, que são denominadas comparações de ordem superior (Figura 2). Esse modelo estabelece que o objetivo da analogia é permitir a compreensão do tópico ao transferir conhecimento do análogo para o tópico, e essa transferência de conhecimento ocorre ao comparar conexões similares (semelhança estrutural). Esse princípio específico é referido como o princípio da **sistematicidade**⁵ nesse “modelo estrutural”.

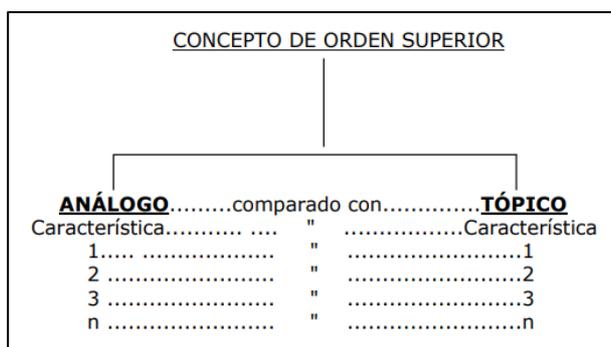


Figura 2: Representação de uma analogia com suas partes constituintes
Fonte: Glynn (1991 *apud* González, 2002, p. 102).

Portanto, de acordo com González (2005), podemos afirmar que a comparação das conexões semelhantes (características estruturais) entre o análogo e o tópico é essencial na construção da trama ou relação analógica. Isso é referido como similaridade estrutural, que, além de influenciar a sua configuração, também, pode afetar o significado, ou seja, **semelhança semântica**⁶. Por sua vez, as comparações de atributos semelhantes (características superficiais) entre o análogo e o tópico têm uma importância relativamente menor na relação analógica, sendo denominadas semelhanças superficiais.

A partir de argumentações apresentadas na Figura 3, verifica-se a representação da estrutura da analogia.

⁵ Em que as relações que se estabelece entre o análogo e o tópico devem ser da ordem superior.

⁶ É a relação presente entre duas ou mais palavras que possuem a mesma pronúncia ou escrita, mas diferentes significados.

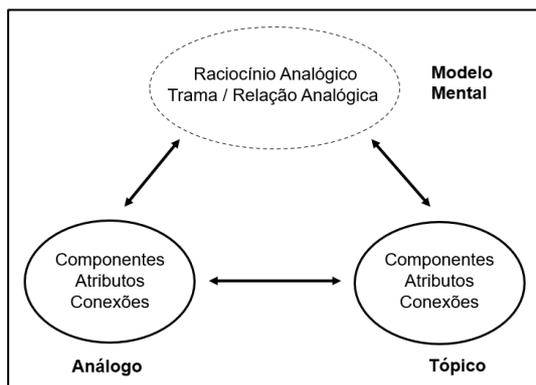


Figura 3: Estrutura da analogia com base no raciocínio analógico
Fonte: Adaptação de González (2002, p. 220).

O ponto de partida da analogia é o análogo, que representa o conhecimento prévio do estudante e será conectado ao novo conhecimento por meio de comparação. A estrutura do análogo é composta por seus componentes, atributos, conexões e propriedades dessas conexões. As características dos componentes são referidas como características superficiais (atributos) do análogo, enquanto as das conexões são denominadas características estruturais (González, 2005).

É importante salientar que o contexto cultural e a faixa etária são variáveis a considerar. Elas englobam um conjunto de conhecimentos e práticas que servem como repertório para analogias. Essas analogias, no entanto, podem ser familiares ou desconhecidas, como, por exemplo, ao falar daquelas compreendidas por adultos, e não por crianças, ou ao usar analogias de uma determinada cultura que é desconhecida por outra, e, ainda, exemplificar a partir da ciência para ensinar (comparar por analogia) com outro conceito científico (Nagem; Oliveira; Teixeira, 2001).

Diante do exposto, cabe retomarmos a definição da analogia, que, segundo González (2002):

[...] é uma proposta representativa das estruturas do análogo e do tópico. Através de uma trama de relacionamentos, os vínculos semelhantes entre os dois são fundamentalmente comparados. Sua finalidade é a compreensão e aprendizagem do tópico por meio da transferência de conhecimento do análogo para o tópico. Comparações de atributos semelhantes têm natureza secundária (González, 2002, p. 308, tradução nossa).

Em suma, a analogia desempenha um papel fundamental no processo de ensino, atuando como uma conexão que conecta o conhecimento prévio dos alunos com novos conceitos e fenômenos. Ela permite que os estudantes façam associações significativas e compreendam – de maneira mais profunda e eficaz – os tópicos complexos. No entanto é importante verificar que a eficácia da analogia depende da qualidade da comparação estabelecida e da clareza na transmissão de conceitos.

Desse modo, os educadores devem selecionar e utilizar, cuidadosamente, as analogias, considerando a relevância, a similaridade estrutural e a capacidade de envolver os alunos no processo de aprendizagem. Ao fazê-lo, a analogia pode tornar-se uma ferramenta valiosa para facilitar a compreensão e a retenção do conhecimento em sala de aula, tornando o processo de ensino mais envolvente e eficaz.

4 Teoria do Mapeamento Estrutural

Para análise das comparações nos livros didáticos, adotamos a Teoria do Mapeamento Estrutural proposta por Gentner (1983) como referencial teórico, a qual compreende que as comparações permitem estabelecer ligações entre dois domínios de conhecimento, sendo o Domínio Base (DB) o campo análogo, ou seja, o conhecimento familiar ou conhecimento prévio, que serve como fundamento à compreensão de outro domínio – este considerado como Domínio-Alvo da comparação (DA).

É importante destacar que, além das analogias, existem outros dois tipos de comparação conhecidos como "similaridades de mera aparência" e "similaridades literais". No primeiro caso, trata-se das correspondências entre os atributos dos elementos pertencentes a cada domínio, como forma, cor e tamanho, enquanto, no segundo tipo de similaridade, o foco estende-se tanto aos atributos dos elementos que compõem ambos os domínios quanto às relações que existem entre eles (Gentner, 1983; Ferry, 2016). Gentner (1983) também destaca, ainda, outro tipo de comparação, como as anomalias, em que não é possível encontrar correspondências no mapeamento das similaridades entre os dois domínios em comparação, seja no que diz respeito aos atributos dos elementos, seja quanto às relações que esses elementos apresentam em cada domínio.

Nas similaridades literais, a ênfase na comparação estende-se tanto às correspondências entre os atributos dos elementos que pertencem aos domínios quanto às correspondências entre as relações que os constituem. No caso das analogias, a comparação concentra-se principalmente nas correspondências entre as relações. Essas relações podem abranger aspectos estruturais, causais, hierárquicos, de proporcionalidade e outros (Ferry, 2016).

Gentner e Markman (1997) enfatizam o papel cognitivo superior das analogias. E argumentam que as comparações baseadas apenas na aparência podem ser atraentes e úteis em contextos locais, todavia possuem limitações em termos de sua capacidade explicativa. Em uma analogia, o foco não está na quantidade de correspondências entre

os elementos ou atributos dos elementos presentes nos dois domínios. Em vez disso, o que importa são as relações estruturais identificadas entre os elementos no domínio de origem, as quais devem corresponder a relações estruturais atribuídas aos elementos no domínio de destino. As semelhanças superficiais entre os dois domínios não são tão importantes quanto as similaridades entre as relações. Por conseguinte, o propósito de uma analogia é realçar as correspondências entre as relações.

No trabalho de Gentner (1983), ele desenvolve a estrutura do mapeamento das correspondências entre os domínios, tendo o seguinte padrão de representação:

$$A(b_i) \rightarrow [A(t_i)] \quad (1)$$

Nesse contexto, a expressão 1 denota uma relação entre atributos de algum elemento (ou objeto) do DB (b_i) para um atributo de algum elemento (ou objeto) do DA (t_i); e, no que diz respeito às relações de primeira ordem, há a seguinte expressão:

$$R(b_i, b_j) \rightarrow [R(t_i, t_j)] \quad (2)$$

Isso se refere a uma relação entre objetos ou, até mesmo, entre atributos desses objetos, no qual haveria uma correspondência entre a relação dos objetos (ou elementos) b_i e b_j , pertencentes ao DB, e a relação entre os objetos (ou elementos) t_i e t_j do DA. Por sua vez, a expressão 3 representa outro tipo de correspondência:

$$R'(R_1(b_i, b_j), R_2(b_k, b_l)) \rightarrow [R'(R_1(t_i, t_j), R_2(t_k, t_l))] \quad (3)$$

Onde o termo R' diz respeito à relação entre relações, em que se estabelece uma relação entre as relações estruturais R_1 e R_2 , sendo a expressão uma relação de ordem superior de acordo com a teoria.

5 Percorso Metodológico

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa de natureza documental. A metodologia baseou-se na análise criteriosa de documentos pertinentes ao tema em questão, que, segundo Mattar e Ramos (2021, p. 127), a pesquisa bibliográfica caracteriza-se como “[...] um tipo específico de pesquisa documental que envolve documentos como artigos científicos, dissertações, teses, capítulos e livros”, pressupondo a leitura e análise dos textos escolhidos, destacando-se, neste caso, o uso do livro didático como fonte primária de análise.

Optamos por aplicar esses conhecimentos na análise documental, conduzindo uma avaliação dos Livros Didáticos (LDs) do novo currículo do Ensino Médio, específicos para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, com centro no tema de Cinética

Química (CQ), visto que, de acordo com Francisco Junior (2009), evidenciou-se a presença de 154 analogias nas seis obras de Química aprovadas pelo PNLD de 2007, com média de 25,7% analogias por coleção, sendo o conceito-alvo de Cinética o segundo mais recorrente, com 11,7% dos livros didáticos abordando esse tópico.

Para localizar os materiais educacionais aprovados pelo PNLD 2021⁷, uma pesquisa foi conduzida na plataforma digital do PNLD, utilizando o guia de livros didáticos específicos para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Esse guia, denominado objeto 2, categoriza os materiais por área do conhecimento. Durante a pesquisa foram identificados sete materiais aprovados, codificados em LD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6 e LD7.

Livro	Editora	Vol.	Pág.	Ano	Id
Multiversos - Ciências Da Natureza	Editora FTD S. A.	2º	33-43	2020	LD1
Ciências Da Natureza – Lopes & Rosso	Editora Moderna Ltda	3º	93-103	2020	LD2
Diálogo – Ciências Da Natureza E Suas Tecnologias	Editora Moderna Ltda	6º	69-80	2020	LD3
Moderna Plus – Ciências Da Natureza E Suas Tecnologias	Editora Moderna Ltda	3º	118-130	2020	LD4
Conexões - Ciências Da Natureza E Suas Tecnologias	Editora Moderna Ltda	6º	128-154	2020	LD5
Ser Protagonista Ciências Da Natureza E Suas Tecnologias	Edições SM Ltda.	-	-	2020	LD6
Matéria, Energia E Vida: Uma Abordagem Interdisciplinar	Editora Scipione S.A.	-	-	2020	LD7

Quadro 1: Lista de Livros Didáticos aprovados pelo PNLD 2021

Legenda: Id: Identificação; Pág.: Página; Vol.: Volume

Fonte: Autores (2024).

Primeiramente, procedemos à leitura dos sumários dos LDs para verificar a presença da CQ e, posteriormente, aprofundar as leituras dos capítulos e seções do conteúdo em específico com o propósito de identificar passagens que contivessem comparações explícitas, possivelmente análogas, desprezando aquelas que apresentassem comparações implícitas, que se assemelhassem a metáforas. Nessa análise, buscamos extrair de textos selecionados trechos que insinuassem a criação de comparações que fossem explícitas.

Para alcançar esse objetivo, adotamos a abordagem proposta por Murta *et al.* (2017, p. 3), que considera alguns termos para identificar comparações “analogia”, “analogicamente”, “isso é como”, “semelhante a”, “similar a”, “assim como”, “isso é

⁷ Disponível em: https://pnld.nees.ufal.br/pnld_2021_didatico/pnld_2021_didatico_codigo_colectoes. Acesso em: 28 jun. 2024.

comparado a”, “pode ser comparado a”, “parece com”, “imagine que”, “aparentado”, “igualmente”, “da mesma maneira”, “do mesmo modo”.

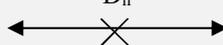
Após a leitura minuciosa e exaustiva dos trechos selecionados foram realizados os seguintes passos (Murta *et al.*, 2017, p. 3):

1º) a transcrição dos trechos com comparações análogas; 2º) a identificação do Domínio Base⁸ (DB) e do Domínio Alvo (DA) de cada comparação; 3º) o agrupamento das comparações de acordo com a afinidade dos tópicos de conteúdo compreendidos como domínio alvo; 4º) a seleção das comparações com o DA referente a uma parte estrutural específica; e 5º) o mapeamento estrutural dos elementos, atributos e relações, tanto no DB quanto no DA das comparações selecionadas.

No tocante aos mapeamentos estruturais das comparações escolhidas, eles foram executados de acordo com o modelo de representação das relações entre os domínios que estavam sendo comparados, conforme delineado por Ferry e Paula (2015) e, ulteriormente, adaptado por Ferry (2016), como ilustrado no Quadro 2.

Domínio Base	Correspondências	Domínio-Alvo
Elemento Análogo	$\longleftrightarrow E_n$	Elemento-Alvo
Um dos elementos que compõem o DB	Correspondência entre elementos (E)	Um dos elementos que compõem o DA
Atributos do Elemento	$\longleftrightarrow A_n$	Atributos do Elemento
Predicados de um elemento do DB baseados em uma única característica	Correspondência entre atributos (A)	Predicados de um elemento do DA baseados em uma única característica
Relações de 1ª ordem	$\longleftrightarrow r_n$	Relações de 1ª ordem
Relações entre dois ou mais elementos do DB ou entre suas características	Correspondências entre relações de menor complexidade (r)	Relações entre dois ou mais elementos do DA ou entre suas características
Relações de ordem superior	$\longleftrightarrow R_n$	Relações de ordem superior
Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DB	Correspondência de maior complexidade (R)	Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DA
Limitações	$\longleftrightarrow \times L_n$	Limitações
Característica ou relação presente no DB que não se aplica ou que não pode ser transferida para o DA	Correspondência de Limitação (L)	Caraterística ou relação presente no DA não está representada no DB

⁸ Domínio Base (DB) = “Análogo” do Mapa Mental de González (2002).

Diferenças Alinháveis	D_n 	Diferenças Alinháveis
Características ou relação do DB que são diferentes do DA	Correspondência de Diferença alinhável (D)	Características ou relação do DA que são diferentes do DB

Quadro 2: Padrão de representação das correspondências no mapeamento estrutural de uma comparação analógica

Fonte: Ferry (2016, p. 79).

A partir dessa convenção de representação, procedemos ao alinhamento de todos os elementos, atributos e relações na área das comparações referentes ao conteúdo químico selecionado, tal como nos trechos dos LDs. Posteriormente, identificamos as restrições e discrepâncias que podiam ser ajustadas. Fomos minuciosos na confirmação do alinhamento estrutural das comparações propostas, adotando um método de validação que envolveu uma avaliação coordenada entre os autores deste estudo e a literatura.

6 Resultados e Discussões

Ao examinar os sumários em busca do tópico desejado de CQ, observamos que somente cinco dos sete livros analisados abrangiam esse conteúdo no campo da Química (LD1, LD2, LD3, LD4 e LD5), conforme indicado no Quadro 1, com os respectivos volumes e recortes das páginas.

Notamos não apenas a limitação na abordagem do conteúdo CQ nesses materiais, mas também a relevância de expandir a disponibilidade de recursos educacionais que se aprofundem nessa área fundamental. A discrepância entre a quantidade total de livros examinados e aqueles que realmente exploram a CQ sublinha a necessidade de ampliar o acesso às informações detalhadas sobre esse tema, essencial para compreender os processos dinâmicos e temporais das reações químicas.

Realizada a leitura minuciosa dos capítulos que contemplavam o conteúdo de CQ, apenas o LD5 trouxe analogias explicitamente, evidenciando suas aproximações e limitações. Em relação aos demais objetos de estudo (LD1, LD2, LD3 e LD4), individuamos características de exemplificação ao relacionar o conteúdo com o cotidiano dos estudantes.

Em virtude de LD5 explicitar a utilização de analogias, ele foi objeto de análise do mapeamento estrutural. No tocante às analogias evidenciadas no material, identificamos: (1) analogia do conceito de velocidade de uma reação química; (2) analogia da teoria das colisões; (3) analogia para a energia de ativação; e (4) analogia para

os catalisadores. Tais analogias foram analisadas a partir da Teoria do Mapeamento Estrutural (TME).

6.1 Primeira Analogia: Taxa de reação x Formigueiro e o açúcar

Sobre a primeira analogia que o capítulo aborda, descrevemos uma relação entre o conceito de velocidade, ou taxa de uma reação (alvo), com uma situação na qual uma colher de açúcar é aproximada de um formigueiro (análogo), visto que as formigas serão atraídas para o açúcar com o passar do tempo.

Após a introdução da analogia do formigueiro e o açúcar, os autores desenvolvem cálculos matemáticos para a taxa média de reação, bem como a explicação da analogia, na qual a velocidade em que as formigas são atraídas ao açúcar não é constante, diminuindo com o tempo, ocorrendo também com as espécies químicas (partículas, moléculas, íons, etc.) de um reagente, evidencia as aproximações, os limites e as diferenças envolvidas, como, por exemplo, o caso da reação que envolve reagentes e produtos no estado gasoso que movimentam-se em grande velocidade, possuindo alta energia cinética, o que se distancia do exemplo das formigas, além do que tanto as formigas quanto o açúcar não se modificam, como ocorre em processos químicos.

Vale ressaltar que o texto traz comentários ao professor sobre o termo “velocidade de reação”, que é comumente substituído por “taxa de reação ou rapidez de reação”, visto que pode haver uma confusão com o termo “velocidade” na área da Física, que é uma grandeza vetorial com sentido e direção, porém, nas transformações químicas, o termo designa uma grandeza escalar, sem direção nem sentido. Tal observação visa auxiliar o professor na proposição de limites e diferenças da analogia proposta, mas não é exposta no texto com a relação da analogia com o conceito. O Quadro 3 apresenta o mapeamento estrutural da analogia supra-apresentada.

Domínio Base	Correspondências	Domínio-Alvo
Colher de açúcar	$\longleftrightarrow_{E_1}$	Reagente A
Formigueiro (Formigas)	$\longleftrightarrow_{E_2}$	Reagente B
O encontro da formiga com o açúcar (atração pela fonte de alimento)	$\longleftrightarrow_{A_1(E_2)}$	A reação dos reagentes A e B
Quantidade de formigas atraídas pelo açúcar	$\longleftrightarrow_{r_1(E_1, E_2)}$	Consumo dos reagentes com o passar do tempo

O aumento da quantidade de formigas (E_2) e o aumento do consumo de açúcar (E_1)		
Velocidade com que as formigas são atraídas não é constante, diminui	$R_1(r_1, A_1)$	Acontece com partículas (moléculas, íons, etc.) de um reagente, diminui
A formiga e o açúcar não se alteram	$L_1(E_1, E_2)$	Os reagentes A e B alteram-se numa reação química
A velocidade das formigas quando atraídas à fonte de alimento é pequena ⁹	$D_1(A_1)$	Reação no estado gasoso, movimentam-se com grande velocidade e tem energia cinética muito alta

Quadro 3: Mapeamento estrutural da primeira analogia (Formigueiro e o açúcar x taxa de velocidade de uma reação)

Fonte: Autores (2024).

O mapeamento estrutural da comparação referente à primeira analogia revelou um foco mais direcionado às relações, e não aos atributos, tendo a estrutura correspondência de dois elementos (E_1, E_2), um atributo (A_1) voltado para o elemento dois, uma relação de primeira ordem (r_1) a partir dos dois elementos elencados, uma relação de ordem superior (R_1) envolvendo a relação de primeira ordem e o primeiro elemento. Também podemos destacar, a partir das análises, a evidência de uma Limitação (L_1) em relação aos dois elementos e uma diferenciação (D_1) envolvendo o atributo do segundo elemento.

O uso da analogia envolvendo formigas sendo atraídas ao formigueiro como uma representação da CQ é uma estratégia didática compreensível pelo fato de a atração por comida ser uma ideia potencialmente acessível para diversos públicos com o comportamento desses insetos. A associação entre a busca por comida por parte das formigas e os conceitos de CQ proporciona uma ponte acessível para diversas idades, aproveitando o conhecimento prévio dos estudantes sobre o mundo natural que os rodeia. Essa analogia não apenas torna os princípios científicos mais tangíveis, ela também destaca a importância do conhecimento prévio dos educandos.

6.2 Segunda Analogia: Reação Química x Jogo de Sinuca

Com relação à segunda analogia apresentada no LD5, utiliza-se o jogo de sinuca (DB) para relacionar com a reação química (DA) envolvendo as moléculas e a

⁹ As formigas possuem sensores químicos no abdômen, na parte de baixo, com os quais deixam marcação química para outras formigas serem atraídas para o caminho de sucesso de alimento. Assim, a atração não é pelo açúcar, mas pela marcação de sucesso deixada pelas formigas que obtiveram alimento.

movimentação, assim como a relação da quantidade de bolas na mesa de sinuca e a concentração no meio reacional dos reagentes e dos produtos.

A analogia traz uma figura que representa dois casos numa mesa de sinuca, onde, no primeiro caso, há uma bola branca e outra preta; e, em outro caso, há uma bola preta e dez bolas brancas, questionando os leitores para saber em qual das situações haverá uma facilidade em provocar um choque de uma bola preta com uma bola branca, sendo evidenciado que, na segunda situação, haverá uma probabilidade maior de choque entre as bolas branca-preta em virtude da quantidade de bolas brancas.

Diante da leitura e análise dessa figura, bem como das elucidações da analogia que o livro aborda:

Alguns esclarecimentos: cabe observar que, como ocorre com qualquer analogia científica, a analogia entre a colisão das bolas de bilhar e o choque de moléculas apresenta muitas limitações. Basta lembrar que o choque entre as bolas implica alteração substancial da quantidade de energia mecânica, o que não acontece no nível molecular: os choques entre moléculas não implicam perda de energia cinética e, por isso, diz-se que são perfeitamente elásticos. No caso das bolas de bilhar, o choque não fará com que elas se deformem ou se rompam, o que é bem diferente no caso de colisões moleculares, como veremos adiante (LD5, p. 133).

Foi possível realizar a análise estrutural do mapeamento analógico, assim, percebendo que a analogia visual-verbal começa com uma imagem de duas situações (sistemas análogos ao químico), trazendo riquezas de detalhes para o pensamento dedutivo por parte do leitor, que aceita ou não as informações da imagem. Tal mapeamento é descrito no quadro que segue (Quadro 4):

Domínio Base	Correspondências	Domínio-Alvo
Bola preta	$\longleftrightarrow E_1$	Molécula A do sistema reacional
Bola(s) branca(s)	$\longleftrightarrow E_2$	Molécula B do sistema reacional
Jogo de Sinuca	$\longleftrightarrow E_3$	Sistema fechado de Reação Química
Movimento das Bolas	$\longleftrightarrow A_1(E_1, E_2)$	Movimento das Moléculas
Quantidade de Bola preta	$\longleftrightarrow A_2(E_1)$	Quantidade de moléculas no meio reacional (Concentração da molécula A)
Quantidade de Bola(s) branca(s)	$\longleftrightarrow A_3(E_2)$	Quantidade de moléculas no meio reacional (Concentração da molécula B)
Dependendo da tacada, as bolas podem-se mover em várias direções*	$\longleftrightarrow A_4(E_3)$	As moléculas se movimentam em diferentes sentidos e direções*

Mais quantidades de bolas, mais chances de colisões	$r_1 (A_2, A_3)$ ← →	Mais quantidades de moléculas, maiores quantidades de choques entre as partículas que estão interagindo
Existem trajetórias específicas das bolas que facilitam a geometria do impacto e causam colisões bem-sucedidas, levando a uma bola na caçapa*	$R_1 (r_1, A_4)$ ← →	Para que ocorra uma transformação química é preciso uma colisão eficaz, tendo uma orientação favorável das moléculas em choque
Choque entre as bolas implica alteração substancial da quantidade de energia mecânica	$L_1 (A_4)$ ← × →	Os choques entre moléculas não implicam perda de energia cinética e, por isso, diz-se que são perfeitamente elásticos
Bolas de bilhar, o choque não fará com que elas se deformem ou se rompam	$L_2 (r_1, E_3)$ ← × →	As colisões eficazes entre as moléculas alteram o reagente, rompendo as ligações e formando novas ligações, resultando no produto

Quadro 4: Mapeamento estrutural da segunda analogia (Jogo de Sinuca x Reação Química)

Legenda: *: [Extrapolação] inferências dos autores

Fonte: Autores (2024).

Na estrutura mapeada da segunda analogia, revela-se a presença de três elementos (E_1, E_2, E_3) constituindo o enredo do Domínio Base, voltados para um sistema reacional químico, um atributo (A_1) referente aos dois primeiros elementos, tendo os demais atributos (A_2, A_3, A_4) referências a cada um dos elementos, sendo o A_4 uma probabilidade diante dos dados, mas que não está explicitado no livro.

No que tange às relações, tem-se uma relação de primeira ordem (r_1) envolvendo o segundo e terceiro atributos, assim como uma relação de ordem superior (R_1) ligando a relação, um de menor complexidade e o elemento 4, cabendo-nos ressaltar que a R_1 é evidente apenas o DA no livro didático, ficando a cargo do professor e do estudante inferir o DB nesse quesito.

Por fim, há duas limitações, uma com o quarto elemento e outra envolvendo a relação de primeira ordem e o terceiro elemento, não possuindo nenhuma diferenciação de domínios. Cabe-nos ressaltar que há uma restrição não admitida por parte do autor de que o jogo de bilhar pode não ser familiar a alguns estudantes, o que ressalta a responsabilidade do professor em explicar o jogo para que a analogia faça sentido.

Ferry (2023), em seus estudos, realiza uma análise da analogia do jogo de sinuca em duas partes. Na primeira parte, ele compara o foco ao papel da geometria dos choques em uma transformação química. Na segunda parte, concentra-se na energia dos choques, enfatizando que essa analogia oferece ao professor de Química a oportunidade de explorar diversas correspondências e relações de similaridade que vão além ao analisado no livro didático do PNL 2021. A ampla gama de relações estabelecidas evidencia o foco

relacional dessa comparação, caracterizando-a como uma analogia estruturalmente consistente.

6.3 Terceira Analogia: Energia de Ativação x Subida do carro no morro

Para a terceira analogia apresentada, o livro faz uma comparação de um carro subindo um morro para alcançar um ponto de chegada, comparando a situação com o conceito de energia de ativação de uma reação.

A analogia apresenta um caráter visual e textual e permite que o leitor faça a organização e a relação mental dos dados. Para tanto, faz-se necessário descrever a analogia para realizar o mapeamento estrutural com menor enviesamento da interpretação dos pesquisadores.

Imagine que uma pessoa esteja em um bairro A de certa cidade e queira se dirigir ao bairro B, que dista poucos quilômetros do bairro A e está a uma altitude pouco menor que a dele. Nessa analogia, a região superior do morro [...] corresponderia ao complexo ativado, isto é, se não houvesse a necessidade de atingir o topo do morro (região com maior energia potencial que a dos bairros A e B), para ir de A até B bastaria descer, ou seja, deslocar-se de uma região de maior energia potencial para outra de menor energia. Algo semelhante ocorre com a reação analisada: nesse caso, a entalpia dos reagentes é maior que a dos produtos; ainda assim, como a entalpia do complexo ativado é superior à *[sic]* dos reagentes, é preciso que os reagentes ganhem energia para atingir o nível de entalpia do complexo ativado. Ou seja, mesmo nesse caso, em que a reação libera calor para o ambiente, é necessário fornecer calor aos reagentes para que a reação ocorra (LD5, p. 135).

No livro, primeiro é relatado o “caminho da reação” que retrata o gráfico da entalpia envolvida na reação entre o Monóxido de Carbono ($\text{CO}_{(g)}$) e o Dióxido de Nitrogênio ($\text{NO}_{2(g)}$), resultando em Dióxido de Carbono ($\text{CO}_{2(g)}$) e Monóxido de Nitrogênio ($\text{NO}_{(g)}$), para, então, relacionar com o análogo referente ao carro subindo um morro para chegar até o outro bairro que possui uma altitude menor em relação ao bairro inicial, assemelhando-se a um diagrama de reação exotérmica. Esse morro apresenta uma elevação devido a qual o carro precisará de mais energia para se deslocar – e quanto maior for esse morro, mais difícil será a chegada no outro bairro, ou seja, quanto maior for a energia de ativação, mais difícil será a formação de produtos.

Cabe ressaltar que o gráfico une elementos imagéticos e elementos gráficos, sendo, portanto, uma representação modelar didática de uma reação química, em que as representações das moléculas, cores e plano cartesiano constroem uma racionalidade

química energética integrando os elementos, desse modo, sendo potencial para estudos futuros.

Diante da analogia apresentada e sua explicação, pudemos verificar, ainda, certa semelhança entre as imagens e seus contornos, visando à facilitação na relação entre os domínios, tanto que o próprio texto recomenda a reflexão em que “pretende-se apenas que você reflita sobre o que há em comum entre o percurso do automóvel e a energia dos reagentes ao se transformarem em produtos” (LD5, p. 135).

Ressalta-se que a explicação da analogia não alcança a diferenciação das reações exotérmicas e endotérmicas, ficando a cargo do entendimento do professor e do estudante. O Quadro 5 detalha o mapeamento estrutural da terceira analogia.

Domínio Base	Correspondências	Domínio-Alvo
Local de Partida (Bairro A)	$\longleftrightarrow E_1$	Reagentes
Local da Chegada (Bairro B)	$\longleftrightarrow E_2$	Produtos
Região superior do morro	$\longleftrightarrow E_3$	Complexo Ativado ou Energia de Ativação
Carro	$\longleftrightarrow E_4$	Moléculas durante a reação
Altitude dos bairros	$\longleftrightarrow A_1 (E_1, E_2)$	Entalpia do(s) Reagente(s) e do(s) Produto(s)
Quanto maior for a região superior (altitude) do morro entre os bairros A e B, maior o tempo de percurso (menor velocidade). O inverso também é válido.	$\longleftrightarrow A_2 (E_3)$	Quanto maior for a energia de ativação de uma reação espontânea, menor será a velocidade da reação. O inverso também é válido.
Altitude do Bairro A é menor que a altitude da região superior do morro, logo, precisa de mais energia para alcançar o topo do morro*	$\longleftrightarrow r_1 (A_1, E_3)$	A entalpia do complexo ativado é superior à dos reagentes, é preciso que os reagentes ganhem energia para atingir o nível de entalpia do complexo ativado
Altitude do Bairro A maior que a altitude do Bairro B, haverá uma descida maior, não precisando de muita força por parte do carro	$\longleftrightarrow r_2 (A_1, E_4)$	Liberação de energia, caracterizando a reação como exotérmica
Altitude do Bairro A menor que a altitude do Bairro B, necessitará de maior força por parte do carro	$\longleftrightarrow r_3 (A_1, E_4)$	Requerimento de energia para a reação caracterizando como endotérmica
A analogia se valeu de objetos do mundo macroscópico	$\longleftrightarrow D_1 (E_1, E_2, E_3, E_4)$	Representando uma perspectiva submicroscópica das moléculas em uma reação
O carro como objeto único*	$\longleftrightarrow L_1 (E_4)$	Moléculas, ao menos duas delas terão de se chocar para que se atinja a energia do complexo ativado*
O carro como elemento inalterável ao longo do percurso*	$\longleftrightarrow L_2 (E_4)$	Durante uma reação as moléculas se alteram*

Quadro 5: Mapeamento estrutural da terceira analogia (Percurso do Carro no morro x Energia de Ativação)

Legenda: *: [Extrapolação] inferências dos autores
Fonte: Autores (2024).

O mapeamento estrutural elaborado para a comparação feita na terceira analogia permite afirmar que o livro trouxe quatro elementos (E_1, E_2, E_3, E_4), dois atributos (A_1, A_2) – sendo o primeiro referente aos elementos um e dois, e o segundo atributo voltado para o elemento três, há apenas relações de primeira ordem (r_1, r_2, r_3), sendo o primeiro envolvendo o atributo 1 e o elemento 3, e as outras duas últimas relações são do atributo um com o elemento 4. Cabe ressaltar que a r_1 não é explicitada no livro e foi obtida pela inferência do entendimento da analogia, cabendo ao professor detalhar esse apontamento. Em relação às diferenças e limitações, temos uma diferenciação (D_1) envolvendo todos os elementos, assim como a presença de duas limitações (L_1, L_2) envolvendo apenas o elemento 4. Tal constatação dos limites não está presente no LD5.

Ferry (2023) traz apenas um elemento relacionando à reação química (DA) com o deslocamento do carro (DB), enquanto os livros didáticos analisados expõem um detalhe mais apurado. Por sua vez, não se evidencia no LD5 aspectos voltados para a concentração das substâncias durante a reação (DA), relacionando-a com a distância percorrida pelo carro durante o percurso (DB).

6.4 Quarta Analogia: Reação catalisada x Passagem no túnel

A quarta analogia do livro didático (LD5) retrata o efeito do catalisador em uma reação comparando o trecho de uma avenida no qual os carros têm a possibilidade de passar no túnel em vez de percorrer a montanha, assim, economizando tempo e esforço do automóvel.

No livro, primeiramente, são abordados o gráfico de entalpia e a influência do catalisador numa reação química e, só então, é feita a comparação com o túnel em uma rodovia cortando caminho em vez de percorrer a montanha por completo, assim, reduzindo energia e tempo na viagem de carro e, conseqüentemente, na reação química. Logo, o uso de imagem para comparação de proposição verbal torna-se uma analogia visual-verbal, portanto, é possível fazer a relação de uma analogia entre o concreto (representação da imagem) e o abstrato (proposição conceitual), sendo essa consideração de ordem ontológica, por um lado, ou semântica, por outro (Santos; Terán; Silva-Forsberg, 2011). Quanto ao mapeamento estrutural da quarta analogia empregada em LD5, temos o Quadro 6.

Domínio Base	Correspondências	Domínio-Alvo
Percurso do Túnel	\longleftrightarrow E_1	Energia de ativação com o catalisador (Percurso curto)
Percurso externo à montanha	\longleftrightarrow E_2	Energia de ativação normal (Percurso longo)
Carro	\longleftrightarrow E_3	Moléculas durante a reação
O trajeto do carro pelo túnel permite que o motorista atravessasse a montanha mais rapidamente do que se tivesse de chegar ao seu topo, e com menos gasto de energia	\longleftrightarrow $r_1 (E_1, E_3)$	O uso de um catalisador em uma reação química possibilita que a reação ocorra mais rapidamente, pois a energia necessária para formar o complexo ativado é menor
O trajeto do carro pelo percurso externo à montanha é mais longo	\longleftrightarrow $r_2 (E_2, E_3)$	Energia de ativação inicialmente
O carro permanece inalterado tanto no percurso quanto no fim do túnel*	\longleftrightarrow $L_1 (E_3)$	O(s) reagente(s) sofre(m) alteração durante a reação química catalisada*

Quadro 6: Mapeamento estrutural da quarta analogia (túnel x reação catalisada)

Legenda: *: [Extrapolação] inferências dos autores

Fonte: Autores (2024).

Na relação que tange às estruturas da analogia, verificamos que há presença de três elementos (E_1 , E_2 , E_3) e somente duas relações de primeira ordem envolvendo os elementos 1-3 e 2-3. Inferimos uma limitação do elemento 3 que não é trabalhado explicitamente no material didático, não sendo encontrada uma diferenciação, bem como não foram destacados os atributos dos elementos, visto que González (2002) retrata que se deve identificar as limitações da analogia na tentativa de garantir que conhecimentos irrelevantes para o aprendizado não sejam transferidos entre o análogo e o alvo.

6.5 Panorama dos dados

De modo geral, as analogias são recorrentes em livros didáticos, a exemplo, o trabalho de Ferreira (2020) relata o emprego do mapeamento nos LDs da década de 1990 e do triênio de 2018 a 2020 – com pouca alteração na estrutura das narrativas e de suas relações e muitas inferências por parte dos autores que não são contempladas na analogia, o que é recorrente nas analogias apresentadas nos LDs investigados.

O estudo de Ferry (2023) explora cinco elementos: (i) Percurso – Reação química; (ii) Montanha – Energia de Ativação; (iii) Túnel – Catalisador; (iv) Veículos no ponto de partida – Reagentes; (v) Veículos no ponto de chegada – Produtos, desse modo,

evidenciando que tal analogia é rica em comparações entre o DB e DA, no entanto não é explorado no LD e deixa a cargo do professor identificar os elementos e suas relações.

Com os dados do trabalho de Ferreira (2020) em comparação à primeira analogia investigada, verificamos os mesmos domínios de base e de alvo, tanto que os elementos e os atributos possuem as mesmas correspondências, também, com limitações e diferenças, todavia com arranjos de correspondências diferentes, possivelmente, em virtude da interpretação dos dados, como, por exemplo, no caso do mapeamento estrutural da primeira analogia (Quadro 3), em que se mostra que há uma relação de ordem superior (R_1), e no trabalho de Ferreira (2020) é relatada uma relação de primeira ordem para a mesma analogia com os mesmos DA e DB.

Relativamente à segunda analogia, bastante implementada nas falas dos professores e nos livros didáticos da Educação Básica (Ferry; Paula, 2017; Ferreira, 2020), tendo o trabalho de Ferreira (2020) feito análises estruturais do mapeamento analógico dos LDs, percebemos semelhanças e diferenças das análises feitas no Quadro 4, assim como o autor traz suas próprias inferências, que não estão presentes nos livros, ou seja, não houve uma modificação visando às lacunas das analogias para um emprego eficiente no livro didático do PNLD 2021.

Verificamos, nas terceira e quarta analogias (Quadros 5 e 6), uma recorrência no livro didático, revelando, assim, lacunas quanto ao estabelecimento de limites e diferenciações. Isso transfere ao professor a tarefa de explicitar as particularidades da analogia, podendo ou não dificultar a identificação desses elementos. Tal dificuldade surge tanto para o docente, caso ele não consiga delimitar e diferenciar adequadamente a analogia, quanto para os discentes, que, ao dependerem exclusivamente do livro didático, podem associar elementos irrelevantes ou até estabelecer concepções alternativas distantes do objetivo educacional (Duarte, 2005; Ferreira, 2020; Santos, 2020).

No entanto observamos que há relações e uma diferenciação que norteiam a analogia no processo de ensino-aprendizagem, tornando-se uma potencialidade (Duarte, 2005) na aprendizagem do assunto de energia de ativação, visto que há uma linguagem química complexa, que demanda do aluno um nível de abstração elevado.

Em suma, os resultados obtidos sugerem que os mapeamentos realizados no livro didático LD5 do PNLD 2021 alinham-se, em grande parte, com os estudos anteriores documentados na literatura (Araújo; Malheiro; Teixeira, 2015; Ferry, 2016; Ferry; Paula, 2017; Murta *et al.*, 2017; Ferreira, 2020; Ferry; Barbosa; Assis, 2023). Contudo destacamos a escassez de inovações analíticas significativas, evidenciando uma aparente

repetição de abordagens já exploradas. Esse cenário ressalta a importância de uma reflexão crítica sobre a atualização e a diversificação das estratégias de analogias empregadas nos livros didáticos, com isso, visando garantir a pertinência e a eficácia desses recursos como ferramentas de apoio ao ensino e à aprendizagem.

7 Considerações Finais

Este estudo destacou a importância das analogias como estratégia pedagógica na disciplina de Química e enfatizou sua eficácia na compreensão de conceitos abstratos e da linguagem científica. Nesse sentido, as analogias acerca do conceito de CQ foram apresentadas apenas no LD5, mostrando-se valiosas na construção crítica dos conceitos químicos. Os autores do livro propuseram-nas como instrumentos de ensino-aprendizagem para professores e educandos, assim, promovendo o desenvolvimento ao longo do processo educacional.

O Mapeamento Estrutural realizado no LD5, no que tange às correspondências entre elementos, atributos e relações, revelou que as analogias usadas para explicar a Cinética Química concentram-se principalmente nas relações entre elementos e atributos de cada domínio. Porém há pouca clareza nas relações mais complexas, isto é, informando apenas relações de primeira ordem, ficando pouco evidente as relações de ordem superior, assim como a evidênciação das limitações (L_n) nas duas primeiras analogias e diferenciações (D_n) apenas na primeira e terceira analogias. Cabe destacar que a ausência desses elementos em algumas analogias pode inadvertidamente transferir conhecimentos irrelevantes entre o DB e o DA, algo a ser evitado no processo de aprendizagem ao utilizar analogias.

Nesse sentido, o Mapeamento Estrutural revelou-se uma ferramenta promissora não apenas para analisar analogias, mas também para potencialmente estudar outros tipos de comparações presentes em livros didáticos. Essa abordagem analítica possibilitou a identificação minuciosa e compreensão das correspondências entre elementos e seus atributos em cada área das comparações, além de facilitar a identificação das relações estabelecidas pelos autores no domínio que está sendo explicado na comparação, porém que não foram explicitamente abordadas no domínio base, construindo inferências por meio da análise.

Tais resultados podem colaborar para se obter a melhor compreensão do uso sistematizado das analogias como estratégia de ensino na área de Ciências da Natureza,

mais especificamente na Química. Ao transpor a linguagem química, permite-se aos alunos que desenvolvam um pensamento abstrato mais eficiente, inclusive, oferecendo aos professores um leque mais amplo de recursos durante o processo de ensino-aprendizagem.

No entanto o cenário atual aponta para a carência de novas analogias, ressaltando a necessidade premente de uma abordagem crítica e reflexiva no emprego dessas estratégias nos livros didáticos, assim como a possibilidade de transpor para realidades locais de cada estado ou escola. Superar essa lacuna, por conseguinte, torna-se crucial para garantir não apenas a eficácia, mas, sobretudo, a pertinência e relevância no contexto educacional, promovendo, assim, um ensino mais sólido e acessível aos estudantes.

Logo, ao construir analogias, os autores dos LDs possibilitam a compreensão do educando envolto em uma atividade criativa, às vezes, um reconhecimento das estratégias já usadas, sujeito à cultura da audiência desse tipo de obra e sempre sujeito ao escrutínio da crítica da esfera educativa.

Agradecimentos

Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM).

Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM).

Referências

ALMEIDA, H. A.; DINIZ, R. E. S. A tomada de consciência sobre o uso de analogias espontâneas: contribuições de uma formação continuada desenvolvida com professoras de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, p. 1-16, mai./set., 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320200067>. Acesso em: 27 jun. 2024.

ARAÚJO, R. S.; MALHEIRO, J. M. S; TEIXEIRA, O. P. B. Uma análise das analogias e metáforas utilizadas por um professor de química durante uma aula de isomeria óptica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 19-26, mai./nov., 2015. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/prelo/RSA-64-12.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2024.

DUARTE, M. C. Analogias na Educação em Ciências Contributos e Desafios. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 7–29, nov., 2005.

Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/520>. Acesso em: 27 jun. 2024.

FERREIRA, H. L. D. **Análise estrutural de analogias em livros didáticos de química da década de 1990 e contemporâneos**. 2020. 120 p. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://sig.cefetmg.br/sigaa/verArquivo?idArquivo=2499240&key=f728e663cea481b313d24aad38e9b45e>. Acesso em: 27 jun. 2024.

FERRY, A. S. **Análise Estrutural e Multimodal de Analogias em uma sala de aula de química**. Belo Horizonte, 2016. 170 p. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-AR8GMT>. Acesso em: 27 jun. 2024.

FERRY, A. S.; BARBOSA, W. L.; ASSIS, L. P. **Analogias estruturalmente mapeadas para o ensino de química**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2023. 204 p.

FERRY, A. S.; NAGEM, R. L. Analogias & contra-analogias: uma proposta para o ensino de ciências numa perspectiva bachelardiana. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 3, n. 1, p. 7-21, ago., 2008. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/263>. Acesso em: 27 jun. 2024.

FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias e outras comparações em uma sala de aula de Química. In: X ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2015, Águas de Lindóia-SP. **Anais**. Águas de Lindóia-SP: 2015. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R1102-1.PDF>. Acesso em: 27 jun. 2024.

FERRY, A. S.; PAULA, H. F. Mapeamento estrutural de analogias enunciadas em uma aula sobre cinética química. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 1, p. 29-50, jan./mar., 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320170010003>. Acesso em: 27 jun. 2024.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio 2007. **Ciências e Cognição**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 121-143, jan./mar., 2009. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1806-58212009000100008. Acesso em: 27 jun. 2024.

GALVÁN, J. J. M; PÉREZ, P. G. Investigaciones sobre el uso de analogías en el aula de ciencias: una revisión sistemática. **Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, Puerto Real, v. 20 n. 1, p. e110100-e110121, out./jan., 2023. Disponível em: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1101. Acesso em: 27 jun. 2024.

GENTNER, D. Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. **Cognitive Science**, New Jersey, v. 7, n. 2, p. 155-170, 1983. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0364021383800093>. Acesso em: 27 jun. 2024.

GENTNER, D., MARKMAN, A. B. Structure mapping in analogy and similarity. **American Psychologist**, Washington, v. 5, n. 1, p. 45–56, jan., 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1037/0003-066X.52.1.45>. Acesso em: 27 jun. 2024.

GLYNN, S. The Teaching with Analogies model: Build Conceptual bridge with Mental Models. **Science and Children**, Virgínia, v. 44, n. 8, p. 52-55, abr./mai., 2007.

GONZÁLEZ, B. El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales. **Revista Iberoamericana de educación**, Madrid, v. 37, n. 2, p. 1-15, dez., 2005. <https://doi.org/10.35362/rie3722716>. Acesso em: 27 jun. 2024.

GONZÁLEZ, B. M. G. **Las analogías en el proceso enseñanza**: aprendizaje de las ciencias de la naturaleza. 2002. 650 p. Tese, Universidad de La Laguna, Canary Islands (Spain), 2002. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/9873>. Acesso em: 27 jun. 2024.

HOFFMANN, M. B.; SCHEID, N. M. J. Analogias como ferramenta didática no ensino de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 9, p. 21-37, jun., 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090103>. Acesso em: 27 jun. 2024.

LEÃO, N. M. M.; KALHIL, J. B. Concepções alternativas e os conceitos científicos: uma contribuição para o ensino de ciências. **Latin-American Journal of Physics Education**, México, v. 9, n. 4, p. 12, ago./nov. 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5514756>. Acesso em: 27 jun. 2024.

MATTAR, J.; RAMOS, D. K. **Metodologia da pesquisa em educação**: abordagens qualitativas, quantitativas e mistas. São Paulo: Edições 70, 2021.

MURTA; G. S.; GOMES, F. C. O.; NAGEM, R. L.; FERRY, A. S. Análise estrutural de analogias e outras comparações em livros didáticos de Biologia. In: XI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017, Florianópolis-SC. **Anais**. Florianópolis-SC: 2017. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0383-1.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2024.

NAGEM, R. L.; OLIVEIRA, D. C.; TEIXEIRA, J. A. D. Y. Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, v. 14, n. 1, p. 197-213, 2001. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/374/37414109.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2024.

SANTOS, F. A.; SANTANA, I. C. H. Investigando as pesquisas sobre analogias: o que mostram os anais dos encontros de ensino de ciências? **Educação**, Santa Maria, v. 43,

n. 4, p. 757-772, out./dez., 2018. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.5902/1984644432444>. Acesso em: 27 jun. 2024.

SANTOS, S. C. S. Uma reflexão sobre o uso de analogias no ensino de ciências e o desdobramento multimodal da realidade: o exemplo de tópicos da teoria da evolução biológica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 25, n. 2, p. 80-97, ago., 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p80>. Acesso em: 27 jun. 2024.

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**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 591-603, jun., 2011. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/264>. Acesso em: 27 jun. 2024.

SILVA, L. C.; SANTOS, S. C. S. A Utilização de Analogias como Recurso Didático no Ensino de Matemática: Uma Análise Estrutural em Livros Didáticos no Ensino do Conceito de Função. **Reamec-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Mato Grosso, v. 11, n. 1, p. e23084-e23084, jan./dez. 2023. Disponível em: [10.26571/reamec.v11i1.16102](https://doi.org/10.26571/reamec.v11i1.16102). Acesso em: 27 jun. 2024.

Recebido em: 17 de maio de 2024

Aceito em: 10 de fevereiro de 2025