



Análise Estrutural de uma Contra-analogia construída em uma sala de aula de Química

Alexandre da Silva Ferry^a, Mariana de Lourdes Almeida Vieira^a, Ronaldo Luiz Nagem^a

^a Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Belo Horizonte, Brasil

ARTICLE INFO

Received: 24 septiembre 2018

Accepted: 30 octubre 2018

Available on-line: 1 noviembre 2018

Keywords: Counter-analogies, analogies, chemistry teaching, structural-mapping.

E-mail addresses:

asferry@deii.cefetmg.br

marianalavieira@yahoo.com.br

ronaldonagem@gmail.com

ISSN 2007-9842

© 2018 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

This article aims to present a structural analysis of a type of comparison enunciated by a teacher during a Chemistry class in order to understand the complexity and use of this kind of resources. This analysis was guided from the following research question: what are the structural characteristics of a comparison built by a teacher that allow us to understand it as a contextually appropriate counter-analogy? Studies have already been conducted based on investigations considering the use of analogies in teaching Chemistry. However, few were conducted in the light of the Structural Mapping Theory proposed by Dedre Gentner and colleagues. Counter analogies can be considered as relational comparisons based on differences between base and target domains. Data were collected from observations and audio and video records of a didactic sequence performed by a seasoned Chemistry teacher. From these records, we selected and transcribed an episode in which the teacher built counter analogies that were then mapped according to our theoretical framework. We analyze the comparison according six criteria: (i) structural consistency, (ii) the relational focus, (iii) the systematicity, (iv) the isomorphism of the utterances, (v) the semantic similarity of entities correspondents and (vi) its pragmatic adequacy. Our analysis allowed us to characterize the counter analogy built by the teacher and it allowed us to understand their complexity, sophistication and contextual suitability as didactic mediation resource in Chemistry teaching.

Este trabalho apresenta a análise estrutural de um tipo de comparação estabelecida por um professor experiente como recurso de mediação para o ensino de Química. Essa análise foi orientada a partir da seguinte questão de pesquisa: quais as características estruturais de uma comparação construída por um professor que nos permitem compreendê-la como sendo uma contra-analogia contextualmente adequada?. Compreendemos as contra-analogias como sendo um tipo de comparação relacional com ênfase nas diferenças entre os domínios comparados. Para tanto, adotamos como referencial teórico a Teoria do Mapeamento Estrutural das comparações, de Dedre Gentner, e o conceito de contra-analogia, de Ferry. Os dados da pesquisa foram obtidos por meio de registros em áudio e vídeo de uma sequência didática sobre isomeria espacial, conduzida por um professor de Química experiente no uso de analogias e outros tipos de comparação. Identificamos os episódios de ensino nos quais esse professor estabeleceu comparações e transcrevemos um episódio no qual ele construiu uma contra-analogia. Fizemos o seu mapeamento estrutural e analisamos a comparação mapeada segundo seis critérios: (i) a consistência estrutural, (ii) o foco relacional, (iii) a sistematicidade, (iv) o isomorfismo das enunciações, (v) a similaridade semântica das entidades correspondentes e (vi) a sua adequação pragmática. A nossa análise nos permitiu caracterizar a contra-analogia construída pelo professor e compreender a sua complexidade, sofisticação e adequação contextual como recurso de mediação didática no ensino de Química.

I. INTRODUÇÃO

O uso de analogias constitui-se uma atividade bastante comum no ensino de Química. De acordo com Francisco Júnior (2010), as analogias tornam os conteúdos, muitas vezes considerados pelos alunos como sendo abstratos, muito técnicos ou difíceis, mais acessíveis e de fácil compreensão. Os professores, ao se apropriarem do uso de analogias em salas de aula, partem de um alvo, que consiste no conceito científico a ser abordado, e de um análogo, algo que seja familiar aos estudantes, para tentar explicá-lo de maneira mais simples, no intuito de torná-lo mais compreensível. No entanto, como muitos autores salientam (Mozzer & Justi, 2013; Ferry, 2008) o uso de analogias pode apresentar limitações, e a maneira como este recurso é utilizado deve ser levada em consideração a fim de evitar a produção e o reforço de erros conceituais por parte dos estudantes, principalmente quando as devidas correspondências inexistem ou não são adequadamente exploradas pelo professor.

Nas últimas décadas o crescimento do interesse de pesquisadores em Educação em Ciências pelo papel e uso de analogias no ensino de conceitos científicos têm sido considerável, inclusive no âmbito internacional (Glynn, 1991; Harrison & Treagust, 1994; Venville & Treagust, 1996; Wilbers & Duit, 2001; Nagem et al, 2001; Mozzer & Justi, 2013). Entre os trabalhos de maior relevância, seja no campo da Psicologia.

Cognitiva ou no da Educação em Ciências, são os da Dendre Gentner e seus colaboradores. Esses trabalhos têm como referencial teórico a Teoria do Mapeamento Estrutural (Structure-mapping theory) das analogias, publicado no início da década de 1980 (Gentner, 1983). Alguns estudos já foram realizados com o objetivo de investigar a construção de analogias e outros tipos de comparações no ensino de Química em sala de aula, porém, entre os que tivemos acesso, verificamos que nenhum deles foi conduzido à luz desse referencial teórico.

A partir da teoria de Gentner (1983), nós entendemos que as analogias estabelecem correspondências entre dois domínios de conhecimento: o domínio base ou familiar, que serve de fonte de conhecimentos, e o domínio alvo cuja compreensão constitui o motivo da comparação. Gentner (1983) distingue as analogias de outros dois tipos de comparações chamadas similaridades de mera aparência e similaridades literais. A distinção leva em consideração o tipo de correspondências estabelecidas entre os domínios base e alvo. Nas similaridades de mera aparência, o foco da comparação aponta para as correspondências entre atributos dos elementos que pertencem a cada domínio (tais como a forma, a cor ou o tamanho). Nas similaridades literais, além das correspondências entre os atributos dos elementos pertencentes aos dois domínios, também há correspondências entre as relações existentes entre elementos do domínio base e as relações existentes entre elementos do domínio alvo. No caso das analogias, o foco da comparação é relacional, isto é, as correspondências são estabelecidas, exclusiva ou predominantemente, entre relações; não é necessário haver correspondências entre atributos dos elementos que pertencem aos dois domínios. A autora ainda distingue relações entre atributos ou elementos, classificando-as como relações de primeira ordem, das relações entre relações, chamando-as de relações de ordem superior.

Além das comparações enunciadas por Gentner (1983), adotamos neste trabalho o conceito de contra-analogia desenvolvido por Ferry & Nagem (2008). Segundo esses autores, uma contra-analogia é um outro tipo de comparação com ênfase nas diferenças mapeáveis entre um domínio alvo e um domínio base. Assim como nas analogias, o foco desse outro tipo de comparação também está nas relações entre os elementos e/ou atributos que compõem cada domínio. No entanto, diferentemente das analogias, as contra-analogias são construídas para destacar as diferenças entre relações mapeáveis relevantes.

Além desses aspectos fundamentais da teoria, Gentner & Markman (1997) descrevem ainda três restrições psicológicas no alinhamento estrutural de uma analogia: (1ª) Consistência estrutural: uma analogia deve ser estruturalmente consistente, ou seja, deve haver uma conectividade em paralelo e uma correspondência “um a um”. Essa conectividade em paralelo requer que as relações correspondentes possuam argumentos correspondentes, e a correspondência um a um limita qualquer elemento em um domínio a no máximo um elemento correspondente no outro domínio. (2ª) Foco relacional: uma analogia deve envolver relações comuns, mas não precisa envolver descrições de objetos em comum; isto é, o foco de uma analogia deve estar nas relações, e não nos atributos dos objetos de cada domínio comparado. (3ª) Sistemática: o “princípio da sistematicidade” de uma analogia diz respeito a uma

“preferência tácita por coerência e poder preditivo causal no processamento analógico” (Gentner & Markman, 1997, p. 47). Segundo os autores, as pessoas preferem mapear sistemas de relações conectados e governados por relações de ordem superior (relações entre relações), com importação inferencial, ao invés de mapear predicados (atributos ou relações de primeira ordem) isolados. Ainda segundo os autores, “um conjunto combinado (a matching set) de relações interconectadas por relações restritivas de ordem superior perfaz uma combinação analógica melhor do que um igual número de relações desconectadas entre si” (p. 47).

De acordo com Holyoak & Thagard (1989), uma analogia deve satisfazer a outras três restrições fundamentais para ter utilidade pedagógica e heurística: (1^a) ser estruturalmente consistente ou, em outras palavras, apresentar certo isomorfismo entre DB e DA; (2^a) garantir certa similaridade semântica entre os elementos que constituem o DB e aqueles que compõem o DA; (3^a) estar em acordo com as intenções ou os propósitos a partir dos quais foi construída.

Nós consideramos que a teoria das múltiplas restrições de Holyoak & Thagard (1989) converge com a teoria do mapeamento estrutural de Gentner (1983) e colaboradores, principalmente com relação à restrição do isomorfismo e à consistência estrutural. Segundo essas duas abordagens teóricas, a consistência estrutural da relação é crucial para garantir a plausibilidade da analogia. No entanto, Holyoak & Thagard acrescentam duas novas condições para o sucesso da relação analógica, ou seja, para um mapeamento adequado das correspondências entre os domínios da comparação: as restrições pragmáticas e semânticas. Limitações das Comparações e as Diferenças alinháveis

A literatura dedicada ao estudo das analogias na Educação em Ciências tem sido recorrente ao abordar as potencialidades e os riscos associados ao uso desses recursos de mediação didática. Um dos focos de preocupação é o modo como as limitações das analogias são abordadas. Entre os trabalhos de revisão a que tivemos acesso e que tratam especificamente dessa preocupação, destacamos o de Duarte (2005), por sua abrangência, relevância e contribuição, e o de Mozzer & Justi (2015) porque, como nós, essas autoras também adotaram a teoria do mapeamento estrutural das analogias como referencial teórico. Segundo Mozzer & Justi (2015), as limitações de uma analogia podem ser compreendidas como sendo as “características e propriedades não compartilhadas entre o análogo e o alvo e/ou as condições nas quais a analogia não se aplica” (p. 125).

Entre os autores que chamam a atenção tanto para as potencialidades, quanto para os problemas do uso de analogias na Educação em Ciências, Duarte (2005) destaca as contribuições de Duit (1991) e Treagust et al (1992). Entre os problemas, a autora destaca a possibilidade dos estudantes centrarem-se somente nos “aspectos positivos” das analogias e desvalorizar suas limitações. De modo similar, Mozzer & Justi (2015) dizem que o “problema” não é a existência de limitações inerentes a qualquer comparação, mas a não explicitação das mesmas. Nesse sentido, essas autoras reiteram as orientações de Glynn (1991), e Thiele & Treagust (1994) ao afirmarem que: “as limitações das analogias devem ser exploradas com os estudantes” (Mozzer & Justi, 2015, p. 137).

No contexto da Teoria do Mapeamento Estrutural das comparações, Markman & Gentner (1996) apresentam dois conceitos úteis para a identificação de limitações nas analogias que são nomeados pelas expressões: diferenças alinháveis (alignable differences) e diferenças não-alinháveis (nonalignable differences) entre os domínios comparados. As diferenças alinháveis estão relacionadas ou conectadas com os pontos em correspondência entre os domínios. As não-alinháveis são diferenças que não estão conectadas aos pontos correspondentes, ou seja: não se integram à estrutura relacional comum da analogia (Ferry, 2016, p. 55).

Segundo a teoria do mapeamento estrutural, as diferenças alinháveis não podem ser determinadas até que as semelhanças entre os domínios (the commonalities) sejam conhecidas. Dessa forma, podemos entender que as diferenças alinháveis se aproximam daquilo que a literatura chama de limitações da analogia, na medida em que tais diferenças, se não explicitadas, podem conduzir a mal-entendidos acerca do domínio alvo. Há uma tensão nas comparações constituída pela existência de correspondências que devem ser estabelecidas e outras que devem ser interditas. De acordo com o referencial teórico que adotamos em nossa pesquisa, a interdição se faz pela explicitação das diferenças alinháveis e contribui para determinar a abrangência e a limitação da comparação. Nesse sentido, consideramos pertinente aproximar essas ideias apontadas pela literatura ao conceito de contra-analogia de Ferry & Nagem (2008): as contra-analogias podem ser compreendidas como comparações relacionais construídas para destacar diferenças alinháveis entre um

domínio alvo e um domínio base. Neste trabalho, analisamos uma contra-analogia elaborada pelo sujeito da nossa pesquisa ao longo de um episódio extraído de uma sequência didática sobre estereoisomeria entre compostos orgânicos.

A nossa análise teve como finalidade responder a seguinte questão: quais as características estruturais de uma comparação construída por um professor que nos permitem compreendê-la como sendo uma contra analogia contextualmente adequada?

II. METODOLOGIA

II.1 Contexto do estudo e instrumentos de pesquisa

Os registros analisados em nossa pesquisa foram gerados a partir de gravações em áudio e vídeo de aulas ocorridas em uma instituição privada de ensino superior localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais, durante os meses de agosto a setembro de 2013. As aulas faziam parte da disciplina de Química Orgânica que compõe a matriz curricular de um curso de Farmácia. A turma que acompanhamos era constituída por 23 alunos adultos que estavam cursando o 3º período. Por meio de consentimentos livres e esclarecidos, o professor e os alunos nos autorizaram a realizar a pesquisa naquele ambiente. A disciplina era ministrada em 4 aulas semanais (50 min/aula) concentradas em um único turno e dia da semana. Não conseguimos acompanhar e registrar todas as aulas ministradas durante o semestre letivo em função de diversos fatores alheios à nossa vontade.

Seguindo a metodologia proposta por Kress et al (2001), usamos duas câmeras de vídeo nas gravações, sendo a primeira posicionada ao fundo da sala para registrar as ações do professor; e a segunda posicionada na frente da sala, em diagonal, próxima à lousa. Esta última câmera foi direcionada para os alunos, a fim de capturar suas ações e reações. Foram realizados também registros e anotações, em um caderno de campo, a respeito das interações entre os estudantes e o professor que julgávamos não terem sido capturadas pelas câmeras, ou que seriam potencialmente relevantes para a nossa pesquisa. Também tivemos acesso ao material produzido pelo professor, sujeito da nossa pesquisa, sob a forma de slides do software Power Point.

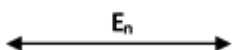
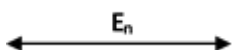
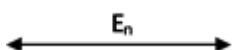
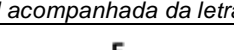

Análise dos dados. Inicialmente, os registros produzidos em vídeo e as anotações realizadas no caderno de campo durante as aulas nos permitiram fazer um levantamento preliminar de todas as comparações estabelecidas pelo professor durante os encontros que acompanhamos. Neste trabalho, apresentamos um mapeamento estrutural de uma das comparações elaboradas pelo professor durante um episódio de aproximadamente 25 minutos.

A transcrição da fala do professor, nesse episódio, foi realizada a partir do padrão adotado por Ferry & Paula (2015), com modificações: uma barra / indica uma breve pausa para articulação da fala; a duração de uma pausa longa, em segundos, aparece entre parênteses (); os colchetes [] indicam discursos simultâneos; as barras duplas // sinalizam uma interrupção do discurso; os comentários que nós introduzimos para indicar como interpretamos o que transcrevemos ou ações importantes do professor aparecem entre parênteses duplos (()); as reticências entre colchetes [...] servem para indicar um trecho de fala que não foi transcrito por não ser o nosso foco de interesse ou por não termos conseguido entender o que foi dito; as reticências simples ... indicam pensamentos ou ideias que não foram completamente enunciados; o negrito e o grifo servem para destacar enunciados que evidenciam a construção das comparações, sendo o primeiro referente a termos e/ou expressões usados para designar o domínio base, e o segundo, o domínio alvo; o itálico evidencia os trechos correspondentes à fala do professor; e as palavras escritas em caixa alta evidenciam trechos pronunciados pelo professor de forma mais enfática ao longo do episódio.

O mapeamento da comparação contra-analógica presente no episódio transcrito foi realizado por meio do padrão de representação também elaborado por Ferry & Paula (2015) e adotado por nosso grupo de pesquisa, apresentado na Tabela 1 a seguir. De acordo com esse padrão e com a metodologia desenvolvida por esses autores, primeiramente mapeamos os elementos, os atributos desses elementos e as relações entre esses atributos (ou entre os próprios elementos) por meio de um esquema que explicita o tipo de correspondência mapeada. Nesse esquema, as correspondências entre os elementos de cada domínio são representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra E (maiúscula),

identificada por um número de ordem. As correspondências entre os atributos desses elementos são representadas por setas bidirecionais, acompanhadas, porém, pela letra A, com um número de ordem e endereçada ao elemento diretamente relacionado. As relações são representadas pelo mesmo sinal gráfico, acompanhadas pela letra r (minúscula) ou R (maiúscula). A letra minúscula representa uma relação de primeira ordem, enquanto a maiúscula representa uma relação de ordem superior. Qualquer correspondência com ênfase negativa, isto é, que privilegie uma diferença alinhável, será representada por uma seta bidirecional marcada com um sinal gráfico semelhante à letra X, denotando uma correspondência contra-comparativa ou contra-analógica (Ferry, 2008). Os códigos que identificam os atributos ou relações associados a tais diferenças alinháveis são antecedidas pela letra D. As limitações da comparação enunciadas pelo professor, que não se configuram como uma diferença alinhável, são identificadas pelo mesmo sinal gráfico com seus códigos antecedidos pela letra L.

TABELA 1. Padrão de representação das correspondências no mapeamento das comparações.

DOMÍNIO BASE	REPRESENTAÇÃO DAS CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Elemento(s) análogo(s)		Elemento(s) alvo(s)
Um dos elementos que compõem o DB	<i>Correspondências entre elementos serão representadas por uma seta bidirecional acompanhada da letra E</i>	Um dos elementos que compõem o DA
Atributos dos elementos		Atributos dos elementos
Predicados de um elemento do DB baseados em uma única característica	<i>Correspondências entre atributos serão representadas por uma seta bidirecional acompanhada da letra A</i>	Predicados de um elemento do DA baseados em uma única característica
Relações de 1ª ordem		Relações de 1ª ordem
Relações entre dois ou mais elementos do DB ou entre suas características	<i>Correspondências entre relações de menor complexidade serão representadas por uma seta bidirecional acompanhada da letra r</i>	Relações entre dois ou mais elementos do DA ou entre suas características
Relações de ordem superior		Relações de ordem superior
Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DB	<i>Correspondências entre relações de maior complexidade serão representadas por uma seta bidirecional acompanhada da letra R</i>	Relações estabelecidas entre relações previamente postuladas entre elementos do DA
Atributos ou Relações do DB	D:	Atributos ou Relações do DA
Características ou relações presentes no DB, conectadas a pontos em correspondência, que não podem ser transferidas para o alvo	<i>Diferenças alinháveis</i>	Características ou relações presentes no DA, conectadas a pontos em correspondência, mas que são diferentes da base
Atributos ou Relações do DB	L: 	Atributos ou Relações do DA
Condições ou características do DB para as quais a comparação não se aplica	<i>Limitações da comparação</i>	Condições do DA para as quais a comparação não se aplica

Fonte: Baseado em Ferry e Paula (2015).

III. RESULTADOS

A seguir apresentamos a transcrição das falas enunciadas pelo professor durante o episódio¹ de ensino no qual dá continuidade aos conceitos de isomeria espacial e de quiralidade entre substâncias enantioméricas que ele já havia introduzido em um episódio anterior.

O episódio de continuidade, transcrito a seguir, foi marcado por uma fala do professor que sinalizou a construção da comparação por meio da introdução de uma pergunta em seu discurso retórico: “Gêmeos univitelinos seriam quirais?”. Transcrição do Episódio [...] / eu ainda quero mostrar outra coisa nos slides / (2s) / [...] / eu tenho uma outra perguntinha pra fazer / olha isso aqui / ((nesse instante, o professor projeta um slide com duas fotos: dois pares de irmãos gêmeos)) / o quê que é isso que está projetado aqui? / [gêmeos] ((alguns alunos respondem imediatamente e o professor complementa)) / gêmeos univitelinos! / gêmeos idênticos / (1s)/e a perguntinha é essa / ((o professor projeta, junto às fotografias dos gêmeos univitelinos, a pergunta “Gêmeos univitelinos seriam quirais?”)) / (3s) / será que gêmeos idênticos são quirais? /((alguns alunos respondem que sim, outros respondem que não; uma aluna disse que eles são quirais porque não são a mesma coisa)) / é lógico que /assim / nós estamos fazendo uma outra analogia / ou melhor / uma outra comparação / e eu nem vou chamar de analogia na verdade /mas nós estamos fazendo uma outra comparação / e qualquer comparação tem suas limitações / tá certo? / é lógico que são duas pessoas diferentes / não são a mesma coisa / um não é um clone do outro / assim / não é a MESMA pessoa / são pessoas diferentes /mas eu estou pensando é na forma física / ((enquanto os alunos começam a fazer comentários sobre a proposição do professor.

Um deles então diz que dessa forma os gêmeos são iguais, ou a mesma coisa)) / (2s) / mas será que são quirais? / (2s) / qual é a condição para ser quiral? / [não conseguir se superpor] ((um aluno respondeu)) / isso! / [nesse caso você consegue] ((outro aluno complementou)) / por quê? / por que é possível superpor? / (1s) / a imagem de um gêmeo com a imagem do outro gêmeo? / [por causa da simetria] / exatamente / tem um plano de simetria / ((o professor executa com sua mão esquerda um gesto referencial de descrição figurativa sobre o próprio corpo esboçando um plano de simetria)) / no corpo humano / tá certo? / tem um plano de simetria no corpo humano / [...] / então / se existe plano de simetria / como vocês lembraram bem / a imagem de um / superpõe a imagem do outro / aí a resposta para essa pergunta é qual? / ((o professor se dirige de volta ao slide com a pergunta e as fotos dos gêmeos univitelinos)) / são quirais? / ((muitos alunos respondem não)) / a condição para ser quiral é não superpor / concorda? / e aí o que nós acabamos de falar? / que eles superpõem / por que superpõem? / por que tem plano de simetria / e é exatamente isso que está escrito aqui / ((o professor projeta e aponta para a resposta)) / resposta / não são quirais! / NÃO são quirais / ((em seguida, o professor projeta uma nova frase lendo-a em voz alta para os alunos)) / gêmeos univitelinos / embora sejam imagem um do outro / são superponíveis / por causa do plano de simetria / tá certo? / ((o professor projeta um novo slide com uma afirmação que ele lê em voz alta)) / aí / a comparação que eu estou construindo pra vocês está resumida / ela está escrita aqui / vê se você concorda com o que está escrito aqui / (2s) / duas moléculas quirais / dois enantiômeros / são como os dois sapatinhos / concordam? / ((o professor projeta novas imagens para comparar um par de moléculas quirais com um par de sapatos)) / qual comparação estamos fazendo aqui? / (1s) / são imagem um do outro / porém não são superponíveis / (1s) / mas não são como dois gêmeos univitelinos / porque afinal de contas / a imagem de um gêmeo se superpõem com o outro / existe um plano de simetria / no corpo humano / que permite superpor uma imagem com a outra / então é isso aí / ((o professor prossegue apresentando exemplos de estruturas moleculares, representadas por meio de suas fórmulas tridimensionais, que não são quirais)) / [...] / ((37’42’’)).

A Tabela 2 apresenta o mapeamento estrutural da comparação enunciada pelo professor durante esse episódio de ensino transcrito.

¹ Segundo Mortimer et al (2007), chamamos de episódio “um conjunto coerente de ações e significados produzidos pelos participantes em interação, que tem um início e fim claros e que pode ser facilmente discernido dos episódios precedente e subsequente”.

TABELA 2. Mapeamento estrutural da comparação estabelecida para tratar da existência e da ausência de quiralidade.

DOMÍNIO BASE	CORRESPONDÊNCIAS	DOMÍNIO ALVO
Par de Gêmeos univitelinos		Par de Moléculas
Gêmeo A		Molécula 1
Gêmeo B		Molécula 2
Forma física do gêmeo A		Estrutura da molécula 1
Forma física do gêmeo B		Estrutura da molécula 2
Um gêmeo univitelino corresponde a imagem do outro no espelho		Uma molécula corresponde a imagem da outra no espelho
Embora um gêmeo univitelino seja a imagem especular do outro gêmeo univitelino, ambos não representam a mesma pessoa	$L: [r_1 (E'_1, E''_2)]$	Embora uma molécula quiral seja a imagem especular da outra molécula quiral, ambas não representam a mesma substância
Em um gêmeo univitelino, semelhantemente a outras pessoas não gêmeas, há plano de simetria	$D: [A_2 (E_1)]$	Em uma molécula quiral, diferentemente de outras moléculas não quirais, não há plano de simetria
A forma física do gêmeo A é superponível com a forma física do gêmeo B devido a existência de plano de simetria	$D: [r_2 (A'_1, A''_1, A_2)]$	A estrutura da molécula 1 não é superponível com a estrutura da molécula 2 devido à ausência de plano de simetria
Sendo um gêmeo univitelino imagem especular superponível do outro, ambos não são quirais	$D: [R_1 (r_1, r_2)]$	Sendo uma molécula imagem especular não superponível da outra, ambas são moléculas quirais

Observações:

(*) – Embora a correspondência r_1 , assinalada com um “X”, pareça ser uma semelhança entre os dois domínios, trata-se, na verdade, de uma importante limitação da comparação, considerando a intenção retórica do professor ao construí-la. Tal limitação somente não existiria se os gêmeos univitelinos correspondessem a uma mesma pessoa, o que obviamente não é verdade.

O mapeamento dessa comparação construída pelo professor durante o episódio de ensino transcrito, apresentado na Tabela 2, revela tanto a complexidade de sua estrutura quanto a ênfase dada pelo professor sobre as diferenças relacionais entre os dois domínios comparados; o nosso mapeamento revelou a presença de três diferenças alinháveis entre os domínios da comparação, sendo duas delas focadas em relações. Podemos afirmar, portanto, que o professor, a fim de consolidar a ideia da quiralidade que ele estava compartilhando com seus alunos, construiu uma contra-analogia entre as moléculas quirais e os gêmeos univitelinos.

Por meio do mapeamento estrutural da contra-analogia construída, foi possível analisar a sua consistência estrutural, o seu foco, a sistematicidade das relações, o isomorfismo das enunciações, a similaridade semântica das entidades correspondentes e a sua adequação pragmática.

III.1 Consistência estrutural

O mapeamento estrutural dessa contra-analogia revela que a mesma é estruturalmente consistente, uma vez que há correspondência um-a-um entre os elementos e atributos do DB e os elementos e atributos do DA, e há conectividade em paralelo no interior das relações mapeadas. Há que se observar que não há dois elementos ou atributos de um domínio que correspondam a um mesmo elemento ou atributo do outro domínio.

III.2 Foco

A comparação foi construída a partir das correspondências entre dois elementos (E1' e E1''), um atributo (A1 – a forma física dos gêmeos em correspondência com a estrutura molecular dos enantiômeros), uma relação de primeira ordem (r1 – uma molécula é imagem especular da outra assim como um gêmeo univitelino é imagem do outro) e, principalmente, de três diferenças alinháveis entre: (1ª) um segundo atributo, A2 – existência de plano de simetria; (2ª) uma segunda relação de primeira ordem, r2 – a superponibilidade estrutural; e (3ª) uma relação de ordem superior R1 causal entre as relações r1 e r2 – a quiralidade estrutural. Portanto, a comparação construída pelo professor, com ênfase nas diferenças, apresentou foco relacional.

III.3 Sistemática

A sistematicidade dessa comparação pode ser vista na correspondência envolvendo a relação de ordem superior, codificada como R1, presente em cada domínio. R1, em cada domínio da comparação, relaciona as duas relações de primeira ordem r1 e r2: no domínio base, trata da relação entre a superponibilidade das imagens dos gêmeos univitelinos e do fato de ambos poderem, de forma fictícia, representar a mesma pessoa; no domínio alvo, trata da relação entre a não-superponibilidade das duas moléculas em questão e do fato de ambas representarem substâncias distintas. Essa relação trata, portanto, do conceito da quiralidade estrutural entre as duas moléculas isoméricas.

III.4 Isomorfismo

Sendo o isomorfismo das enunciações uma das características das comparações que favorecem o estabelecimento e, conseqüentemente, a compreensão das comparações, a sua análise requer que as principais proposições feitas sobre ambos os domínios sejam confrontados em paralelo. Dessa forma, destacamos para análise as seguintes proposições enunciadas pelo professor Domínio base: “dois gêmeos univitelinos / [...] / a imagem de um gêmeo se superpõem com o outro / [...] / que permite superpor uma imagem com a outra”. Domínio alvo: “dois enantiômeros / [...] são imagem um do outro / porém não são superponíveis”

Podemos afirmar que entre essas duas enunciações há certo isomorfismo que nos permite identificar as correspondências estabelecidas pelo professor.

III.5 Similaridade semântica

Ao analisar cada elemento, atributo e relação mapeada na tabela 2, confrontando com os elementos, atributos e relações correspondentes no outro domínio, podemos afirmar que há certa similaridade semântica nas correspondências: (1°) podemos dizer que tanto nos gêmeos, entendidos como indivíduos singulares, quanto nas moléculas, representadas por seus modelos concretos tridimensionais manipulados pelo professor, há concretude; (2°) tanto os gêmeos univitelinos quanto as moléculas isoméricas possuem formas físicas a serem contempladas para a análise da superponibilidade, sendo, portanto, atributos comparáveis; (3°) a relação entre os gêmeos e a relação entre as moléculas isoméricas, diante de um espelho, são idênticas.

Por fim, o ponto central dessa comparação que permitiu ao professor construir a contra-analogia foi a ausência de um plano de simetria nas moléculas isoméricas e a presença de um plano de simetria nos gêmeos univitelinos.

Podemos dizer que a articulação da ideia do plano de simetria em ambos os domínios contribuiu para o aumento da similaridade semântica entre as entidades dos dois domínios confrontados nessa comparação.

III.6 Adequação pragmática

Esse último aspecto analisado parte da atribuição da intenção retórica do professor ao construir essa contra-analogia, em função do seu contexto: o professor teve como intenção retórica explicar que a ausência de um plano de simetria em isômeros espaciais (estereoisômeros / enantiômeros) é um fator determinante para a existência da quiralidade entre os mesmos.

Dessa forma, podemos dizer que a contra-analogia construída pelo professor a partir do confronto das relações existentes entre gêmeos univitelinos e das relações existentes entre moléculas enantioméricas se fez pragmaticamente adequada, pois o permitiu fazer conclusões tanto a respeito do domínio base quanto a respeito do domínio alvo ao tratar da superponibilidade no primeiro e da não-superponibilidade no segundo.

IV. CONCLUSÕES

A nossa análise nos permitiu caracterizar a contra-analogia construída pelo professor e compreender a sua complexidade, sofisticação e adequação contextual como recurso de mediação didática no ensino de um tópico de conteúdo da Química – a quiralidade entre enantiômeros. Em outras palavras, a nossa análise nos permitiu compreender as características estruturais de uma contra-analogia contextualmente adequada construída em um episódio de ensino por um professor.

Por meio do mapeamento estrutural dessa contra-analogia, também foi possível distinguir as diferenças alinháveis e as limitações da comparação.

Além disso, a análise da contra-analogia constituinte do episódio transcrito corrobora o potencial do mapeamento estrutural das comparações como ferramenta de análise para a compreensão dos diferentes tipos de comparação (analogias, contra-analogias, similaridades literais, comparações por mera aparência, etc) que professores recorrem em salas de aula para ensinar conceitos, modelos ou teorias complexas aos seus alunos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho recebeu apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Agradecemos ao Grupo de Estudos em Modelos, Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (GEMATEC) pela colaboração.

REFERENCIAS

- Bernardino, M. A. D., Rodrigues, M. A., & Bellini, L. M. (2013). Análise crítica das analogias do livro didático público de química no estado do Paraná. *Ciência & Educação*, 19, 135-150.
- Bozelli, F.C., & Nardi, R. (2007). Explicação no ensino de Física: o uso de analogias em sala de aula por licenciandos. In *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Florianópolis.
- Ferry, A. S. (2008). *Analogias e Contra-analogias: uma estratégia auxiliar para o ensino de modelos atômicos*. Belo Horizonte: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. [Dissertação de Mestrado].
- Ferry, A.S., & Paula, H. F. (2015). Mapeamento estrutural de analogias e outras comparações em uma sala de aula de Química. In *X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC*. Águas de Lindóia, SP
- Francisco J., & Ernesto, W. (2010). Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio 2007. *Ciências & Cognição*, 14, 121-143.

- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 155-170.
- Gentner, D., & A. B. Markman. (1997). Structure-mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, 52, 45-56.
- Glynn, S. (1991). 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.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1994). Science Analogies: avoid misconceptions with this sistematic approach. *The Science Teacher*, 61, 40-43.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London: Continuum.
- Mendonça, P. C. C., Justi, R., & Oliveira, M. M. (2006). Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos do ensino médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 6, 35-54.
- Mól, G. (1999). *O uso de analogias no ensino de Química*. Brasília: Universidade de Brasília – Instituto de Química. [Tese de Doutorado].
- Monteiro, I. G., & Justi, R. S. (2000). *Analogias em Livros Didáticos de Química. Brasileiros Destinados ao Ensino Médio*, 5 (2): 67-91.
- Mozzer, N., & Justi, R. (2013). Science Teachers' Analogical Reasoning. *Research in Science Education*, 43(4): 1689-1713.
- Nagem, R. L., Carvalhaes, D. O., & Dias, J. (2001). Uma Proposta de Metodologia de Ensino com Analogias. *Revista Portuguesa de Educação*, 14: 197-213.
- Ribeiro, P. R. S., & Barreto, S. R. G. (2007). Desenvolvimento de analogia para a aprendizagem do conceito de solução eletrolítica. In *XLVII Congresso Brasileiro de Química*. Natal.
- Rosa, S., Pimentel, N. L., & Terrazzan, E.A. (2007). O uso de analogias em um livro didático destinado ao ensino de química de grau médio. In *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*. Florianópolis.
- Silva, L. L., Gazola, C. D., & Terrazzan, E. A. (2003). O uso de analogias no ensino de óptica: uma experiência em andamento. In *IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)*, Bauru, 2003. NARDI, R.; Borges, O. (Orgs.). Bauru: ABRAPEC. (CD-ROM).
- Silva, L.L., & Terrazzan, E.A. (2008). Correspondências estabelecidas e diferenças identificadas em atividades didáticas baseadas em analogias para o ensino de modelos atômicos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 3 (2):21-37.
- Silva, L.L., & Terrazzan, E.A. (2009). Familiaridade de alunos de ensino médio com situações análogas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26:145-172.
- Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1996). The role of analogies in promoting conceptual change in biology'. *Instructional Science*, 24, 295-320.
- Wilbers, J., & Duit, R. (2001). On the micro-structure of analogical reasoning: the case of understanding chaotic systems. In Behrendt, H. et al. *Research in Science Education- Past, Present and Future*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher. p. 205-210.

Zambon, L.B., & Terrazzan, E.A. (2013). Analogias produzidas por alunos do ensino médio em aulas de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 1505/1-1505/9.