



**ANALOGIAS EM LIVROS DIDÁTICOS DESTINADOS AO ENSINO SUPERIOR: QUÍMICA ORGÂNICA
VERSUS FÍSICO-QUÍMICA**

Analogies in textbooks intended for higher education: Organic Chemistry versus Physical Chemistry

Josué Martins Gonçalves [josuemartins@usp.br]
Instituto de Química, Universidade de São Paulo – USP
São Paulo, SP, Brasil

Murilo Sérgio da Silva Julião [murilo-sergio@uol.com.br]
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA
Sobral, CE, Brasil

Resumo

Os livros didáticos de Química, via de regra, fazem uso de analogias por se tratar de uma disciplina que envolve inúmeros conceitos abstratos. No entanto, há pouca pesquisa envolvendo identificação e explicação sobre as analogias utilizadas em livros didáticos direcionados ao ensino superior. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta um estudo comparativo entre as analogias encontradas em livros de Química Orgânica e Físico-química destinados a estudantes do ensino superior. Foram identificadas 277 analogias nos livros analisados e categorizadas conforme sistemas adaptados de Thiele e Treagust (1994) e Francisco Junior (2009). Uma forma de abordagem mais adequada de utilização das analogias nesses livros foi realizada, bem como a verificação da importância do papel dos professores no uso desse recurso didático. Os resultados indicam que esses livros são ricos em analogias simples, dando ênfase às análogos estruturais no caso de livros de Química Orgânica e análogos funcionais nos de Físico-Química. As analogias simples são mais fáceis de induzirem os alunos a erros conceituais, pois mostram poucas similaridades entre os domínios comparados. É importante ressaltar que nesta pesquisa observa-se uma baixa ocorrência de analogias em que o autor do livro reconhece as limitações e/ou discute estas, repassando toda a responsabilidade ao professor e ao aluno no que se refere à explicação e percepção das analogias, respectivamente. É mister afirmar que muitas das analogias encontradas em alguns capítulos dos livros analisados, poderiam ser suprimidas sem perda significativa da compreensão dos conceitos abordados.

Palavras-chave: conceitos abstratos; ensino superior; livro didático; Química.

Abstract

The Chemistry's textbooks, as a rule, make use of analogies because this is a discipline that involves many abstract concepts. However, there is little research involving identification and explanation of the analogies used in textbooks directed to higher education. In this sense, this work presents a comparative study of the analogies found in Organic Chemistry and Physical Chemistry books intended for students in higher education. 277 analogies were identified in the analyzed books and categorized in adapted systems Treagust & Thiele (1994) and Francisco Junior (2009). A better approach of using analogies in these books was held, as well as a verification of the important role teachers have in the use of this teaching resource. The results indicate that these books are rich in simple analogies, emphasizing structural analogues in the case of organic chemistry books and functional analogues in the Physical Chemistry ones. Simple analogies are easier to induce students to conceptual errors because they show few similarities between the compared areas. It is important to emphasize that this study observed a low occurrence of analogies in which the author of the book recognizes the limitations and/or discusses these limitations, relaying the entire liability to the teacher and the student in relation to the explanation and perception of analogies, respectively. It is necessary to state that many of the analogies found in some chapters of the analyzed books could be removed without significant loss of understanding of the concepts discussed.

Keywords: abstract concepts; higher education; textbooks; Chemistry.

INTRODUÇÃO

Recentemente, alguns artigos publicados (Furió & Furió, 2000; Ros, 2001; Mendonça, Justi & Oliveira, 2006; Lima, 2007) direcionaram seus focos para as dificuldades de compreensão e transmissão de conceitos químicos. Nesses trabalhos são tratadas as naturezas de conceitos químicos que muitas vezes são construídas sobre uma perspectiva abstrata, partindo do micro para o macrocosmos, talvez neste ponto encontra-se a dificuldade de compreensão do aluno.

Assim, uma maneira de conceber a construção de conhecimentos é através do emprego de ideias familiares a situações desconhecidas. Nesse sentido, analogias podem ser vistas como potenciais recursos didáticos, pois elas têm como função básica estabelecer um relacionamento entre similaridades de dois domínios, sendo que um dos domínios é familiar ao estudante (análogo), enquanto o outro não lhe é familiar (alvo) (Curtis & Reigeluth, 1984; Mendonça, Justi & Oliveira, 2006; Justi & Mendonça 2008). Nessa perspectiva, as analogias são modelos de ensino que podem atuar como mediadoras no processo de ensino e aprendizagem (Souza, Justi & Ferreira, 2006).

As analogias são bastante empregadas no ensino de Química. Geralmente elas são apresentadas aos alunos pelos professores ou se encontram em livros didáticos com o objetivo tornar um assunto de difícil compreensão em algo mais familiar e acessível ao aluno. Nesse sentido, elas podem ser consideradas como bons modelos de ensino, isto é, representações criadas com o objetivo de ajudar os alunos a aprender aspectos do conteúdo ensinado (Mendonça, Justi & Oliveira, 2006).

A utilização de analogias é uma importante ferramenta no que se refere ao ensino aprendizagem de ciências, pois facilitando a assimilação de conceitos abstratos pela relação com conceitos concretos. Segundo Mendonça et al. (2006) a importância se deve ao fato de que *“o raciocínio analógico, provê significado aos fenômenos científicos através do estabelecimento de relações com aquilo que o aprendiz traz de conhecimentos prévios”* (Mendonça, Justi & Oliveira, 2006). Dessa forma as analogias auxiliam tanto o professor na forma de ensinar quanto o aluno, pois desperta-o para o interesse em aprender. Essas afirmações foram confirmadas no trabalho de Mendonça et al. (2006), no qual as analogias criadas pelos próprios alunos (analogias espontâneas) possibilitaram condições favoráveis para o processo ensino-aprendizagem, bem como condições para o professor compreender e intervir nesse processo. O sucesso dessas intervenções deveu-se à iniciativa dos próprios alunos ao expressarem suas ideias de forma autêntica e por ter ocorrido de forma criativa e diferente da que eles estavam habituados.

Quanto ao significado do termo analogia, embora nos últimos anos vários trabalhos apresentem definições semelhantes, encontra-se dissonância no contexto semântico do termo analogia. Uma das definições mais citadas, considera a analogia uma *“relação entre partes comuns das estruturas de dois domínios, e que traz comparações explícitas entre os mesmos”*. Segundo Duit (1991), a conexão entre o análogo e o alvo é mediada pelo o que o autor chama modelo de analogia. *“Este estabelece a identidade estrutural (características similares) entre os conceitos: análogo e alvo”*.

Neste trabalho, analogia será definida de acordo com Duit (1991) e Harrison e Treagust (1993), ou seja, uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios *“diferentes”* (Duit, 1991; Harrison & Treagust, 1993; Raviolo et al., 2004; Rigolon & Obara, 2011). Nesse sentido desconsideram-se as relações de comparação entre estruturas de mesmo domínio, tendo em vista que o análogo deva sempre ser conhecido pelo aluno/leitor.

Alguns estudos merecem destaque no que se refere à análise de analogias em livros de Química. O primeiro deles é o trabalho de Curtis e Reigeluth (1984), o precursor nessa área de investigação. Esses pesquisadores investigaram o uso de analogias em livros-texto básicos de Ciências adotados nos Estados Unidos. O objetivo dos mesmos foi descrever sistematicamente as analogias presentes nesses livros. Esses autores analisaram analogias presentes em 26 livros-texto de Ciências destinados aos níveis elementar e graduação. Dos 26 livros, apenas quatro eram livros de Química. As analogias foram organizadas em categorias e estas foram sintetizadas em um sistema de classificação (Curtis & Reigeluth, 1984).

Outros estudos realizados por Thiele e Treagust (1994, 1995) investigaram o uso de analogias somente em livros-texto de Química adotados no ensino médio da Austrália. Estes autores usaram um sistema de classificação adaptado de Curtis e Reigeluth (1984) para classificar as analogias presentes naqueles livros. Terrazzan et al. (2005) em uma análise de livros didáticos de Biologia, Física e Química, destinados ao ensino médio, observaram que o uso de analogias é diferente em função da disciplina em estudo e que ainda é um recurso pouco utilizado pelos autores nas coleções didáticas, principalmente as de Química. Na pesquisa foram analisadas 4 coleções didáticas de Biologia, 5 de Física e 4 de Química (Terrazzan et al., 2005).

Cunha (2016) realizou uma investigação exploratória sobre o uso de analogias em coleções de livros didáticos destinadas a crianças de sete a dez anos. Os manuais das respectivas coleções também foram examinados para localizar presenças de orientações a respeito das analogias utilizadas nos textos dos alunos. Já Monteiro e Justi (2000) analisaram livros brasileiros dedicados ao ensino médio, assim como Francisco Junior (2007, 2009) e Bernardino, Rodrigues e Bellini (2013). Estes autores fizeram modificações nas categorias propostas inicialmente por Curtis e Reigeluth (1984), que possibilitaram análises mais aprofundadas. Ainda para livros destinados a estudantes do ensino médio, Andrade et al. (2014) analisaram o uso de analogias e metáforas apresentadas em dois livros utilizados por alunos do 1º ano de duas escolas, uma da rede pública e a outra privada, sobre a compreensão do conceito de modelos atômicos. Enquanto Melzer et al. (2009) pesquisaram modelos, metáforas e analogias propostos nos conteúdos relacionados à estrutura atômica, em 4 livros didáticos de Química indicados para estudantes do ensino médio pelo Plano Nacional do Livro Didático – PNLD 2007, com o objetivo de verificar se nesses livros são encontrados modelos e analogias que podem vir a constituir-se em obstáculos ao desenvolvimento científico do aluno.

Mais recentemente, Francisco Junior, Francisco e Oliveira (2012), reportaram o uso de analogias abordadas em livros de Química Geral voltados ao ensino superior, na tentativa de traçar um paralelo com análises de analogias verificadas em livros do ensino médio.

Embora existam esses estudos, há a necessidade de uma análise comparativa dos tipos e formas de analogias apresentadas em livros didáticos de Química Orgânica e Físico-química destinados aos estudantes do ensino superior. Portanto, este trabalho tem como alvo a análise e avaliação/comparação de analogias em livros de Química Orgânica e Físico-química adotados na maioria dos cursos de graduação em Química no Brasil.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi norteada a partir das seguintes questões:

- Qual a frequência de inclusão de analogias nos livros de Química Orgânica e Físico-Química?
- Existe alguma relação entre o tópico do conteúdo e a frequência de inclusão de analogias?
- Como os autores inserem e exploram as analogias nos livros?
- Em que medida as analogias apresentadas nos livros podem ser consideradas bons modelos de ensino?

A pesquisa foi realizada em duas etapas: a primeira etapa consistiu na leitura integral de 6 obras selecionadas visando a identificação das analogias presentes (os livros apresentam dois volumes). As partes dos textos que foram consideradas analogias, deveriam estar de acordo com a definição apresentada acima (uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes), e/ou que tivesse o reconhecimento explícito por parte do autor. Para facilitar a discussão, os livros receberam códigos de identificação, os quais são apresentados na Quadro 1.

Quadro 1 – Livro analisado com respectivo título, autor(es), edição, editora e ano de publicação (impressão).

Livro	Título	Autor(es)	Edição	Editora	Ano
A	Química Orgânica	Paula Y. Bruice	4	Pearson Prentice Hall	2006
B	Química Orgânica	John McMurry	7	CENGAGE Learning	2011
C	Química Orgânica	T. W. Graham Solomons e Craig B. Fryhle	9	LTC	2011
D	ATKINS – Físico-Química	Peter Atkins e Julio de Paula	8	LTC	2008
E	Físico-Química	David W. Ball	1	Thomson	2006
F	Físico-Química para as Ciências Químicas e Biológicas	Raymond Chang	3	McGrawHill	2010

Na segunda etapa, as analogias identificadas foram classificadas de acordo como sistema adaptado de Curtis e Reigeluth, composto de dez categorias:

1. Quantidade e frequência das analogias;
2. Conteúdo do conceito alvo;
3. Tipo de relação analógica entre análogo e alvo;

4. Formato da apresentação;
5. O nível de abstração dos conceitos análogo e alvo;
6. A posição da analogia em relação ao alvo;
7. O nível de enriquecimento da analogia;
8. O nível de mapeamento das similaridades feito pelo autor;
9. Presença de orientações pré-tópicos;
10. Apresentação e discussão de limitações.

O primeiro critério está pautado na discussão da frequência com que os autores empregam analogias em suas respectivas obras. Assim calculou-se a média de analogias por capítulo e obra. No segundo critério analisaram-se os tópicos aos quais as analogias foram empregadas, abrindo uma discussão acerca da presença ou não de analogias clássicas.

O terceiro critério estabeleceu uma divisão das analogias em função da relação analógica, podendo ser do tipo **estrutural**, quando os domínios comparados apresentam semelhanças físicas ou de constituição. Caso a analogia remeta similaridade a função ou comportamento ela é classificada como **funcional**. No entanto quando o conceito análogo e o alvo combinam tanto características estruturais quanto funcionais, a analogia é denominada **estrutural/funcional**.

O “tipo de linguagem” empregada foi o responsável pelo quanto critério, ou seja, a forma com que a analogia foi apresentada. Se a analogia é representada apenas por palavras ela é dita **verbal**. Porém se apresentar ilustração acompanhada da linguagem verbal, ela é classificada **ilustrativo-verbal**.

O nível de abstração observado entre o análogo e o alvo foi o destaque do quinto critério de classificação. Assim se a natureza do análogo era concreta e a do alvo era abstrata, a analogia é tida como **concreta/abstrata**. Caso os dois domínios comparados são concretos ou abstratos, a analogia é **concreta/concreta** ou **abstrata/abstrata** respectivamente.

O sexto critério classificou a analogia quanto a sua posição em relação ao alvo, assim, as analogias podem ser apresentadas **antes, durante e após** o conceito que se pretende ensinar. Entretanto alguns autores também abordam suas analogias **à margem** do texto.

O sétimo critério faz uso da extensão das semelhanças entre o conceito análogo e o conceito alvo, ou seja, classifica a analogia quanto o nível de enriquecimento que a mesma pode abordar. Basicamente, existem três níveis de enriquecimento. Uma analogia é dita **simples** quando é observada uma única semelhança entre os domínios comparados, que geralmente vem acompanhado por meio de expressões do tipo “é como”, “pode ser comparado a”, “se compararmos”, “tal e qual o”, “é semelhante a”, “seria equivalente a”, “em forma de” e “é análogo”. Quando a análise mostra que o análogo e o alvo compartilham duas ou mais características em comum, ou quando os atributos similares são claramente explicados, essa analogia é **enriquecida**. No entanto, quando o conceito alvo é explicado utilizando duas ou mais analogias diferentes ou quando o um análogo é adaptado para satisfazer as possíveis comparações, essa analogia é classificada como **estendida**.

No oitavo critério verificou-se o nível de mapeamento, para isso, observou-se a presença ou não da discussão dos conceitos compartilhados entre o domínio análogo e o alvo. No critério seguinte, discutiram-se as evidências da presença de orientação pré-tópico. Também analisou se os autores incluem algum tipo de identificação que indique a presença futura de uma analogia no texto. A presença de expressões do tipo ‘imagine que..., ...é semelhante a...,...é como se fosse..., podemos comparar..., ...é análogo a...’ foi caracterizada como uma identificação da estratégia (Monteiro & Justi, 2000).

Finalmente, no décimo critério as analogias foram divididas quanto à apresentação de limitações do análogo quando comparado com o alvo, a possibilidade de entendimento inadequado, assim como a discussão das possíveis limitações que o análogo pode conter. Nesse sentido, o autor da analogia pode **não reconhece limitações, reconhece limitações** e até mesmo **discute as limitações**.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantidade e frequência média de analogias por capítulo

O Quadro 2 mostra a quantidade de analogias para cada uma das obras analisadas, cujo total foi de 277, uma média de 46,1 analogias por obra. Pode se observar certa homogeneidade em relação à

quantidade de analogias contida nos livros de Química Orgânica (QO, códigos A, B e C). Também é possível incorrer que a quantidade de analogias presentes no volume 1 das obras B e C é superior à do volume 2 das respectivas obras, que possivelmente pode estar relacionado ao assunto abordado em cada volume, tendo em vista que o conteúdo programático presente no primeiro e segundo volume das diferentes obras são praticamente o mesmo. Em contrapartida, nos livros de Físico-Química (FQ, códigos D, E e F) se observa uma variação maior do número de analogias em cada obra e que diferentemente dos livros de QO, o volume 2 apresenta uma frequência média de analogia superior as do volume 1 nos três livros analisados.

Quadro 2– Quantidade e frequência média de analogias por capítulo para as obras analisadas.

Livro	A			B			C			D			E			F		
	V1	V2	T	V1	V2	T	V1	V2	T	V1	V2	T	V1	V2	T	V1	V2	T
Quantidade de analogias	19	23	42	37	10	47	35	15	50	26	29	55	8	27	35	16	32	48
Frequência média de analogias	1,4	1,4	1,4	2,3	0,7	1,5	2,3	1,5	2,0	1,7	2,9	2,2	0,6	2,7	1,6	1,3	3,2	2,1

Conteúdo do conceito-alvo

No que tange à distribuição das analogias entre os tópicos de Química e considerando o número de analogias presentes em cada obra em função do tópico ao qual elas se referem, vê-se no Quadro 3 que ‘alcanos e cicloalcanos’, ‘estereoquímica’ e ‘nucleosídeos, nucleotídeos e ácidos nucleicos’ são os tópicos que mais apresentaram analogias nos livros de QO (códigos A, B e C), 7,2%, 6,5% e 6,2%, respectivamente. Já para as obras de FQ (códigos D, E e F), os tópicos ‘mecânica quântica’, ‘espectroscopia rotacional e vibracional’ e ‘cinética e dinâmica química’ foram os que mais abordaram analogias: 6,2%, 6,9% e 6,2%, respectivamente. Esses resultados podem ser justificados observando-se o grau de abstração no qual são inseridas as analogias, como: conceitos de mecânica quântica e estereoquímica. No entanto, como se trata da Química, a necessidade da utilização de analogias deveria ser homogênea quando se organizasse uma obra por completo.

Quadro 3 – Frequência de analogias por tópico e livro.

TÓPICO	LIVROS							Nº	%
	A	B	C	D	E	F			
Estrutura eletrônica, ligações e ácidos e bases (QO)	3	8	2	–	–	–	13	4,7	
Alcanos e cicloalcanos (QO)	5	4	11	–	–	–	20	7,2	
Alcenos e alcinos (QO)	2	3	–	–	–	–	5	1,8	
Estereoquímica (QO)	4	9	5	–	–	–	18	6,5	
Reações orgânicas (QO)	–	4	3	–	–	–	7	2,6	
Espectrometria de massas (QO)	–	1	1	–	–	–	2	0,7	
Espectroscopia no Infravermelho (QO)	2	2	3	–	–	–	7	2,6	
Espectroscopia de ressonância magnética (QO)	2	4	6	–	–	–	12	4,3	
Benzeno: reação, aromaticidade e ressonância (QO)	2	3	2	–	–	–	7	2,6	
Álcoois e fenóis (QO)	–	–	2	–	–	–	2	0,7	
Ácidos carboxílicos e seus derivados (QO)	2	–	–	–	–	–	2	0,7	
Aldeídos e cetonas (QO)	3	–	2	–	–	–	5	1,8	
Aminas e amidas (QO)	1	–	1	–	–	–	2	0,7	
Carboidratos (QO)	1	2	1	–	–	–	4	1,5	
Proteínas e catálise (QO)	5	1	3	–	–	–	9	3,3	
Lipídeos (QO)	–	–	1	–	–	–	1	0,4	
Nucleosídeos, nucleotídeos e ácidos nucleicos (QO)	7	5	5	–	–	–	17	6,2	
Rotas metabólicas (QO)	–	2	–	–	–	–	2	0,7	
Polímeros (QO)	3	–	2	–	–	–	5	1,8	
Leis da termodinâmica (FQ)	–	–	–	1	1	3	5	1,1	
Energia Livre e potencial químico (FQ)	–	–	–	–	1	2	3	1,1	
Equilíbrio em sistema com 1 ou múltiplos componentes	–	–	–	3	–	–	3	1,1	
Equilíbrio químico (FQ)	–	–	–	1	1	1	3	1,1	
Eletroquímica (FQ)	–	–	–	–	1	3	4	1,5	
Mecânica quântica (FQ)	–	–	–	7	4	6	17	6,2	
Átomos e moléculas (FQ)	–	–	–	2	–	4	6	2,2	
Simetria (FQ)	–	–	–	1	3	1	5	1,8	
Espectroscopia rotacional e vibracional (FQ)	–	–	–	7	8	4	19	6,9	
Espectroscopia eletrônica e estrutura (FQ)	–	–	–	1	1	1	3	1,1	
Espectroscopia de ressonância magnética (FQ)	–	–	–	3	2	1	6	2,2	
Termodinâmica estatística (FQ)	–	–	–	2	2	–	4	1,5	

Teoria cinética dos gases (FQ)	–	–	–	1	3	–	4	1,5
Cinética e dinâmica química (FQ)	–	–	–	8	3	6	17	6,2
Fotoquímica e fotobiologia (FQ)	–	–	–	–	–	3	3	1,1
Interações moleculares (FQ)	–	–	–	1	–	4	5	1,8
Estado sólido (FQ)	–	–	–	4	4	2	10	3,6
Estado líquido (FQ)	–	–	–	–	–	2	2	0,7
Superfície (FQ)	–	–	–	7	1	–	8	2,9
Macromoléculas (FQ)	–	–	–	6	–	4	10	3,6

O fato de se encontrar uma maior frequência de analogias referentes aos assuntos citados acima, possivelmente pode estar relacionado ao hábito dos autores em empregar analogias clássicas a esses conteúdos, tais como a conformação em ‘cadeira’ do ciclohexano nos livros de QO (códigos A, B e C) e o conceito de ‘etapa determinante da velocidade de reações’ comparadas a um ‘motorista lento em uma via de mão única/estrada de seis pistas que se afunila numa ponte de uma só pista’ nas obras de FQ (códigos D, E e F). A utilização das analogias clássicas é tão comum em livros de Química, que os autores muitas vezes não se preocupam em elaborar novas analogias, deixando subentendido que não se preocupam com a inovação de suas obras. Segundo Francisco Junior (2007), “o uso de analogias clássicas está a tal ponto disseminado, que os autores e, muitas vezes os professores, não prescindem de seu uso”.

Segundo Monteiro e Justi (2000),

“A repetição das analogias empregadas por diferentes autores pode estar pautada na ideia que os mesmos pensam que as comparações utilizadas são verdadeiros modelos de ensino que satisfazem a necessidade que os alunos/leitores têm para compreender o alvo. Outras possíveis interpretações convergem no entendimento que os autores não sabem ou pretende elaborar outras analogias para discutir de forma diferenciada o tópico abordado, assim ficam repetindo o mesmo análogo”.

Dentre as 277 analogias encontradas, algumas delas foram utilizadas por diferentes autores nos livros de QO e FQ, ou em ambos, assim classificadas como analogia clássicas. O Quadro 4 apresenta a relação de algumas dessas analogias, os tópicos nos quais elas foram inseridas, assim como uma descrição sintética das mesmas. Percebe-se que para os poucos tópicos que são comuns aos livros de QO e FQ, os autores preferem utilizar as mesmas analogias, como por exemplo, a comparação dos núcleos atômicos com pequenas barras magnéticas (ímãs) em ‘**espectroscopia de ressonância magnética nuclear**’. Outro tópico em que se observou utilização de analogias clássicas foi em ‘**cinética e dinâmica química**’, por ex.: o modelo chave-fechadura.

Quadro4 – Relação e descrição das analogias repetidas nos livros avaliados.

TÓPICO	LIVROS	DESCRIÇÃO
Estrutura eletrônica	A e B	Formato dos orbitais p comparado com gotas de lágrimas ou maçaneta de porta.
Alcanos e cicloalcanos	A, B e C	Ciclohexano comparado com uma cadeira de encosto, meia cadeira, bote inclinado ou bote torcido.
	A e C	Forma do ciclopentano comparado a um envelope com a aba levantada.
Estereoquímica	A, B e C	Simetria de objetos comparada com a simetria de moléculas.
	A e B	Sistema de nomenclatura ReS comparado com um volante de um carro.
	A, B e C	Receptor quiral comparado a uma luva.
Reações orgânicas	A e B	Seta em que representa uma quebra homolítica comparada com um anzol.
	A e C	Estado de transição comparado com um topo de uma colina ou monte.
Aminas e amidas	A, B e C	Inversão de amina comparada a um guarda-chuva que abre do avesso por causa da ventania.
Espectroscopia no infravermelho	A, B, C, D	Ligação covalente comparado a uma mola.
Espectroscopia de ressonância magnética nuclear	A, B e C	RMN comparado com uma câmera fotográfica
	A e B	RMN comparado a uma impressão digital.
	B, C, D, E e F	Núcleos atômicos comparados a pequenas barras magnéticas.
	A e C	Espectro COSY comparado com uma montanha.
Nucleosídeos, nucleotídeos e ácidos nucléicos	A e B	Estrutura do tRNA comparada com um trevo.
	A, B e C	DNA comparado com uma impressão digital.
Espectroscopia Rotacional e Vibracional	D, E	Moléculas comparadas a disco/panqueca e cigarro/charuto.
Cinética e Dinâmica Química	D, E	Etapa determinante da velocidade comparada a um motorista lento em uma via de mão única/ estrada de seis pistas que se afunila numa ponte de uma só pista.
	A, C, D e F	Interações moleculares comparadas à chave-fechadura/hospede-hospedeiro
	D e F	Superfície de energia potencial comparado ao ponto de sela para cavalo.
Forças intermoleculares	C e F	Forma das hemácias comparadas com a forma de uma foice.

Tipo de relação analógica

De acordo com a Figura 1, em função da relação analógica, de modo geral (Fig. 1c) foram detectadas 124 analogias (44,7%) do tipo estrutural, 139 (50,2%) funcional e apenas 14 (5,1%) estrutural/funcional. É interessante ressaltar a preferência na utilização de analogias funcionais em todos os livros de FQ (60,1%, Fig. 1b), enquanto que para os de QO os autores frequentemente aplicam analogias estruturais (51,8%, Fig. 1a). Um alto percentual de analogias funcionais em FQ, pode estar relacionado ao elevado grau de abstração dos conteúdos e a consequente dificuldade que os autores têm para encontrar um análogo que compartilhe semelhanças em função ou comportamento com o alvo. Nas obras de QO, os autores aplicam comparações morfológicas entre o alvo e o análogo, que poder justifica o maior emprego de analogias estruturais.

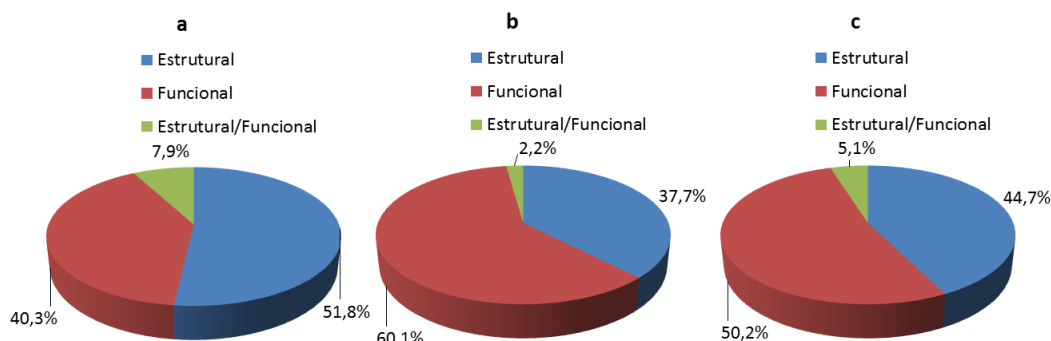


Figura 1 – Tipos de relações analógicas(%) encontradas nos livros de Química: a) Orgânica; b) Físico-química e c) Geral.

A maior frequência de relações analógicas estruturais pode ser justificada em função da natureza tridimensional da maioria dos tópicos químicos nos quais se observa a presença de analogias nos livros de QO(códigos A, B e C). Ao procedermos à classificação da relação analógica, constatamos que os maiores percentuais de analogias estruturais por tópico são encontrados exatamente naqueles que se referem à conformação dos cicloalcanos e estereoquímica. Exemplo desse tipo de analogia está no livro A, mostrando a semelhança estrutural entre **a forma das ligações σ no ciclopropano e a “ligação” entre três bananas**,(Fig.2).

*“No ciclopropano, a sobreposição dos orbitais não pode ser apontada diretamente um para o outro. Portanto, ela é menos efetiva do que uma ligação C-C normal. Como os orbitais ligantes C-C no ciclopropano não podem apontar diretamente um para outro, eles têm um formato que lembra uma banana e, conseqüentemente, são algumas vezes chamadas **ligações banana**. Em adição à tensão angular, anéis de três membros também possuem tensão torsional porque todas as ligações C-H adjacentes estão eclipsadas.” (Bruice, 2006, vol. 1, p. 91).*



Figura 2 – Ligações banana (Extraído de Bruice, 2006, vol. 1, p. 91, com permissão da editora).

Segundo Thiele e Treagust (1994): “As analogias funcionais remetem similaridade à função ou ao comportamento”, isto pode ser observado na comparação a seguir, onde um motorista lento em uma estrada de pista única é análogo à etapa determinante da velocidade de uma reação química.

“Porém, há um ponto útil: uma reação global só pode ser tão rápida quanto a sua etapa mais lenta. O processo elementar que tem a velocidade mais lenta é aquele que controla a velocidade da reação química global. As etapas antes desta são detidas e as etapas posteriores são mais rápidas e esgotam os reagentes tão depressa quando eles são formados. É como um motorista lento em uma estrada de pista única. Os carros atrás do motorista (como as etapas antes da etapa mais

lenta) são detidos, e os carros na frente (como as etapas depois de etapa mais lenta) podem avançar rapidamente. É a mesma ideia com os processos elementares individuais. Por causa disso, o processo elementar que controla a velocidade da reação global é chamado de etapa determinante da velocidade ou EDV.”(Ball, 2006, vol. 2, p. 757)

É importante relatar que nos livros de QO (códigos A, B e C) observa-se uma maior porcentagem de analogias do tipo funcional/estrutural quando comparado com as obras de FQ (códigos D, E e F). Segundo Francisco Junior (2012), “quando o alvo e análogo compartilham atributos funcionais e estruturais simultaneamente, é provável que as correspondências prevaleçam em relação às limitações. Entretanto, não são todas as analogias que permitem isso”. Por outro lado, “uma comparação puramente estrutural pode ser considerada mais fraca devido ao fato dos aspectos estruturais serem os únicos atributos compartilhados enquanto o número de diferenças pode ser grande. Isto não quer dizer que analogias estruturais não são bons modelos de ensino” (Monteiro & Justi, 2000).

Formato de apresentação

A utilização da linguagem não-verbal é de fundamental importância para o enriquecimento de uma analogia e da consequente interpretação e compreensão da mesma. As ilustrações, por exemplo, despertam a imaginação dos estudantes se facilita a formação de modelos mentais. Nesse sentido uma explicação para o emprego das ilustrações nas analogias está elencada na possibilidade de os estudantes desenvolverem maior percepção.

De acordo com esse critério, das 277 analogias encontradas nos livros, 84,5% foram classificadas como verbal, 13,4% como ilustrativo-verbal e apenas 2,1% na forma ilustrativa. Quanto ao formato de apresentação não se observa mudanças significativas em relação aos livros de QO e FQ, onde em todas as obras observa-se alta porcentagem de analogias verbais. O livro A apresentou a maior quantidade de analogias do tipo ilustrativo e ilustrativo verbal, dando ao intender que o recurso visual depende principalmente da forma com que o autor gosta de abordar.

Segundo Monteiro e Justi (2000, p. 78),

“Apesar de o processo de ‘visualização’ desencadeado pelas analogias ser importante para a aprendizagem, ele também pode causar sérios problemas. Isso porque os alunos podem internalizar a analogia integralmente, o que levaria a uma compreensão errônea dos conceitos em discussão. Além disso, uma compreensão equivocada de um determinado conceito pode induzir a erros conceituais não só em relação a conceitos que foram previamente ensinados como também àqueles que ainda serão ensinados. Tal aspecto não diminui o valor de analogias enquanto modelos de ensino, mas ressalta a importância de se usarem boas analogias”.

É interessante ressaltar que embora uma ilustração enfatize o domínio análogo, a necessidade do emprego da mesma, está associada à natureza da analogia. Algumas analogias verbais são suficientes para mostrar as semelhanças dos domínios comparados, tornando assim, desnecessário o uso de uma ilustração para a compreensão da mesma. Ainda de acordo com Monteiro e Justi (2000) as ilustrações podem ser consideradas desnecessárias quando:

- a) os autores não as utilizam como suporte para a discussão de ideias a elas relacionadas;
- b) não representam o domínio análogo e
- c) não acrescentam nenhuma informação nova ao texto.

De acordo com tais critérios, foram encontradas ilustrações desnecessárias no que diz respeito às analogias ilustrativas e ilustrativo-verbais. Exemplo: ilustração da analogia encontrada no livro A (Fig.3).

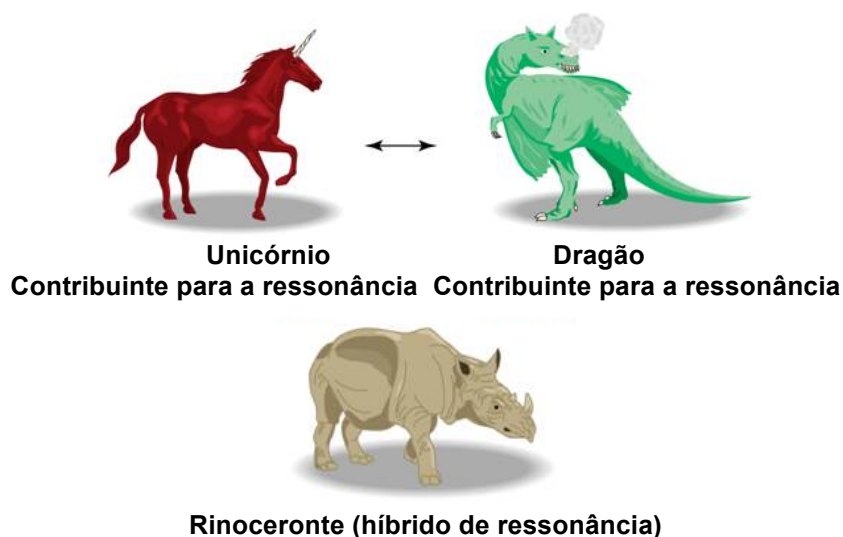


Figura 3– Contribuintes de ressonância e híbrido de ressonância (Extraído de Bruice, 2006, vol. 1, p. 265, com permissão da editora).

“A seguinte analogia ilustra a diferença entre contribuintes de ressonância e híbrido de ressonância. Imagine que você está tentando descrever para um amigo o que é rinoceronte. Você poderia dizer que um rinoceronte é o resultado do cruzamento entre um unicórnio e um dragão. O unicórnio e o dragão não existem realmente, portanto são como contribuintes de ressonância. Eles não estão em equilíbrio: um rinoceronte não pula para trás e para frente entre os dois contribuintes de ressonância, uma hora se parecendo um unicórnio e outra um dragão. O rinoceronte é real, então ele é como o híbrido de ressonância. O unicórnio e o dragão são simplesmente meios de representar com o que a estrutura real, o rinoceronte, se parece, contribuintes de ressonância, como unicórnio e dragões, são imaginários, não são reais. Somente o híbrido de ressonância, o rinoceronte, é real.” (Bruice, 2006, vol. 1, p. 265)

A ilustração foi utilizada para enfatizar a diferença entre o híbrido de ressonância e os contribuintes de ressonância. No entanto, como os animais citados são bastante conhecidos, sejam eles reais ou fictícios, a ilustração pode-se considerar desnecessária, levando em consideração que apenas o texto seria suficiente para o entendimento total desse análogo. Esse relato pode ser confirmado pelo emprego da mesma analogia no livro F, descrita abaixo, sem a necessidade do emprego da ilustração para o total entendimento do alvo.

“Uma analogia interessante tem sido feita para a ressonância. Um viajante medieval da Europa retorna a seu país depois de uma jornada na África e descreve um rinoceronte como o cruzamento entre um grifo e um unicórnio. Assim, um animal real é descrito com base em dois animais familiares (conceitualmente), mas imaginários. De modo similar, uma espécie química real, o íon carbonato, é descrita em termos em termos das três estruturas de ressonância familiares na aparência, mas não existentes (Chang, 2010, vol. 2, p. 82)”.

Ainda no livro A, pode-se encontrar uma analogia bastante empregada tanto nos livros de ensino médio quanto superior, essa analogia enfatiza o mecanismo de ação de enzimas, o qual foi comparado no texto com o mecanismo de ação de uma chave em uma fechadura (Fig. 4).

*“A especificidade de uma enzima resulta de sua conformação e das cadeias laterais de aminoácidos específicas que compõem o sítio ativo. Por exemplo, uma cadeia lateral de um aminoácido carregada negativamente no sítio ativo de uma enzima pode-se associar com um aspecto de ligação hidrogênio no substrato; e grupos hidrofóbicos na enzima se associam com grupos hidrofóbicos no substrato. A especificidade de uma enzima por seu substrato é descrita pelo modelo da chave-fechadura. No **modelo chave-fechadura** considera-se que o substrato se encaixa na enzima exatamente como uma chave se encaixa numa fechadura.*

*.....
A energia liberada como resultado da ligação do substrato à enzima pode ser usada para induzir uma mudança na conformação dessa enzima, levando a uma*

união mais precisa entre o substrato e o sítio ativo. Essa mudança de conformação da enzima é conhecida como encaixe induzido. No **modelo de encaixe induzido**, a forma do sítio ativo não é totalmente complementar à forma do substrato até que a enzima tenha se ligado ao substrato.” (Bruce, 2006, vol. 2, p. 429)

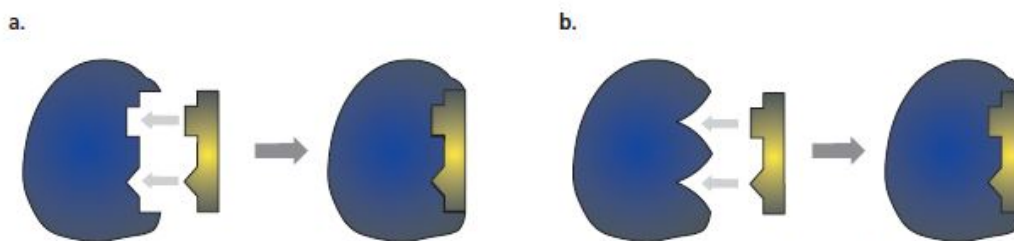


Figura 4 – Modelo: (a) chave-fechadura e (b) encaixe induzido (Extraído de Bruce, 2006, vol. 2, p. 429, com permissão da editora).

A analogia do modelo chave-fechadura apresentada na Figura 4 é clássica em livros didáticos de Química e Bioquímica, no entanto apresenta graves erros de entendimento, assim Francisco Junior (2009, p. 133) escreve que:

“[...] Enzima e substrato não possuem “encaixe perfeito”. Se assim fosse, o complexo enzima-substrato possuiria maior estabilidade do que os reagentes e os produtos da reação, desfavorecendo termodinamicamente a catálise enzimática que, por sua vez, não se processaria. Essa analogia tem papel apenas funcional, ou seja, enzimas específicas catalisam as reações de substratos específicos, assim como chaves específicas abrem determinadas fechaduras. Todavia, ela é empregada como uma analogia estrutural em detrimento ao caráter funcional. Nesse caso, a imagem apresentada fortalece o conceito equivocado de encaixe perfeito”.

Nesse sentido a ilustração desta analogia (Fig. 4) é considerada desnecessária, pois não representa o análogo (chave e fechadura) e acima de tudo induz o aluno e/ou leitor a atribuir ao conceito-alvo características falsas.

Nível de abstração

Sabe-se que a função da utilização de uma analogia é comparar aquilo que é familiar ao aluno (leitor) com o domínio do alvo. Nesse sentido o conceito análogo deve ser concreto o suficiente para que o aluno tenha uma boa cognição das similaridades entre os domínios comparados. Se o análogo é excessivamente abstrato ou até mesmo desconhecido do aluno, a analogia não terá funcionalidade e será tida como um modelo de ensino inútil.

Para que as analogias possuam alta funcionalidade é necessário que o aluno tenha intimidade com o conceito análogo. Nesse sentido os resultados obtidos para os livros de QO (códigos A, B e C), condizem com essa proposição. É possível constatar por meio dos resultados apresentados na Figura 5a, que a maior parte das analogias pode ser classificada como concreta-abstrata (94,2%). As analogias abstrata-abstrata e concreta-concreta correspondem respectivamente a 4,3% e 1,5% do total das analogias encontradas nos livros de QO. Para as obras de FQ (Fig. 5b, códigos D, E e F) foi observado um aumento significativo das analogias em que o alvo e o análogo são abstratos (15,2%), podendo estar relacionado ao elevado grau de abstração dos tópicos, e que torna difícil o emprego de um análogo concreto que compartilhe semelhanças com o alvo. Esse raciocínio poder ser confirmado pela ausência de analogias concreta/concreta, que enfatiza a preponderância de conceitos abstratos quando comparamos as obras de QO e FQ. De forma geral, a maior parte das analogias pode ser classificada como concreta-abstrata (89,5%). As analogias abstrata-abstrata e concreta-concreta correspondem respectivamente a 10,0% e 0,5% do total das analogias encontradas nas seis obras analisadas (Fig. 5c).

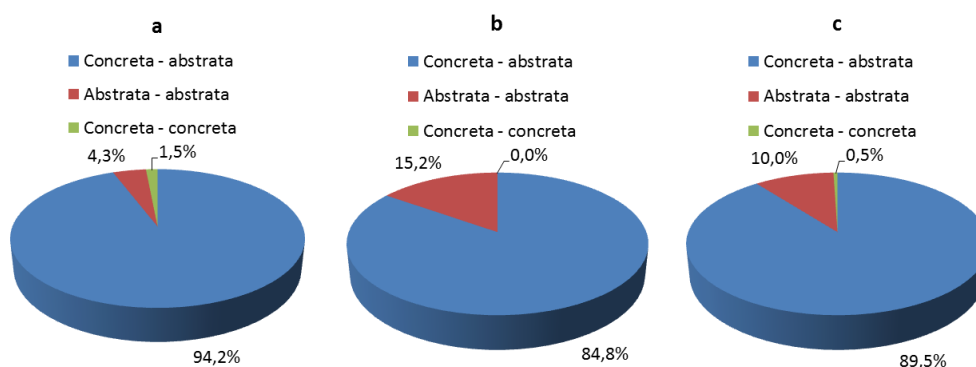


Figura 5 – Níveis de abstração (%) das analogias nos livros de Química: a) Orgânica; b) Físico-química e c) Geral.

As analogias abstrata-abstrata e concreta-concreta são pouco empregadas em livros de Química Orgânica. A primeira está pautada na ideia de que quando uma analogia é demasiadamente abstrata torna-se pouco familiar aos estudantes, podendo não contribuir para a transposição das ideias similares de um fenômeno ao outro (Francisco Junior, 2012). Sempre que possível, a analogia deve ser concreta e pessoalmente significativa, o que a torna potencialmente mais familiar aos estudantes. A segunda porque a maioria dos tópicos de Química Orgânica é de natureza abstrata, impossibilitando um grande número de analogias concreta-concreta. Abaixo foi transcrita uma analogia do tipo concreta-concreta.

“Quando a casca de uma seringueira é cortada, um líquido branco pegajoso escorre. Este é o mesmo líquido encontrado dentro do caule do dente-de-leão. O material pegajoso é o látex, uma suspensão de partícula de borracha em água. O látex protege a árvore após o corte, cobrindo-o como uma atadura.” (Bruice, 2006, vol. 2, p. 573).

Posição das analogias

Como bem alertado por Monteiro e Justi (2000), a posição da analogia é de fundamental importância na maneira como o autor quer influenciar a aprendizagem dos estudantes, assim quando a analogia vem antes ou durante tem de estabelecer comparações mais diretas, onde os alunos podem observar as similaridades entre os análogos à medida que o alvo vai sendo apresentado. Se o análogo for apresentado após o alvo, essa analogia pode ter a função de avaliar o conhecimento do aluno acerca do assunto abordado, sendo de grande importância a participação do professor para garantir se todas as semelhanças estão sendo atribuídas corretamente (Francisco Junior, 2007, 2009).

Analisando a Figura 6, de modo geral, é possível observar que há um predomínio das analogias que aparecem simultaneamente, 45,1%, e após o conceito alvo, 37,2%, em relação às analogias que vêm posicionadas antes e à margem do conceito alvo (Fig. 6c). Observa-se também que para os livros de QO (códigos A, B e C) há a predominância de analogia em que o análogo foi empregado após o alvo, enquanto nas obras de FQ (códigos D, E e F) o conceito análogo foi inserido durante a discussão do alvo.

Segundo Francisco Junior (2009, 2012) essa superioridade de analogias aplicadas após o alvo, nas obras A, B e C, pode ser útil,

“(...) há de se considerar que uma analogia pode ser empregada como forma de avaliação do conhecimento dos alunos. Após discutir um dado tema, o professor/autor pode apresentar uma analogia para que os estudantes façam as correspondências entre análogo e alvo. Quanto mais atributos similares e não similares os estudantes conseguirem identificar por si, maior foi a compreensão sobre aquele determinado assunto (Francisco Junior, 2009, p. 135).”

Para as analogias posicionadas à margem, foram encontrados os percentuais de 3,6 e 0,7%, para as obras de FQ e QO, respectivamente. É interessante ressaltar que a maior quantidade de analogias inseridas a margem, foram encontradas no livro F como nota de rodapé. Nessa posição o autor não dar a total atenção no que diz respeito as contribuições das analogias no ensino-aprendizagem, dando a opção para o aluno utilizar ou não esse recurso didático.

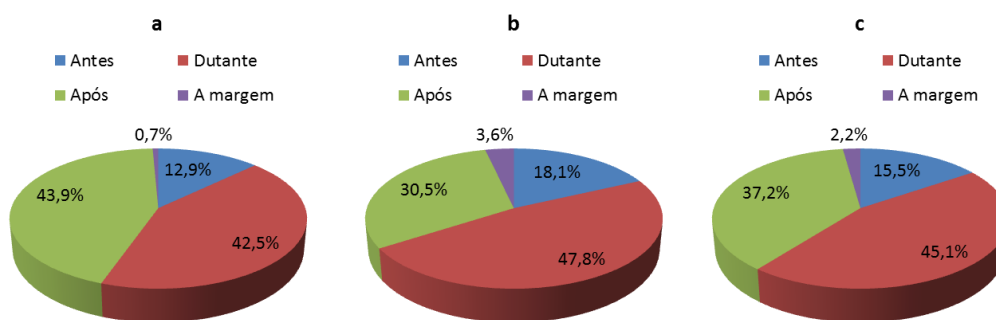


Figura 6– Analogias de acordo com a posição em relação ao alvo nos livros de Química: a) Orgânica; b) Físico-química e c) Geral.

Nível de enriquecimento

Na Figura 7, é possível constatar que das 277 analogias encontradas: 58,8% são simples, 30,0% enriquecidas e 9,2% estendidas (Fig. 7c). É interessante ressaltar que os livros de FQ (Fig. 7b) apresentam uma maior porcentagem de analogias simples quando comparado com os livros de QO (Fig. 7a), no entanto, em todos os livros analisados foi observada a preponderância de analogias simples, seguido das analogias enriquecidas e estendidas.

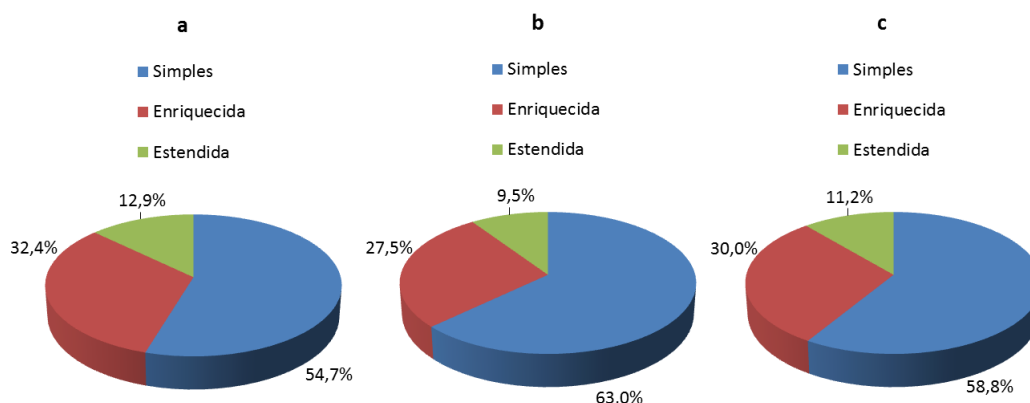
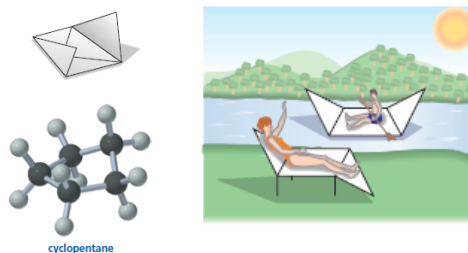


Figura 7–Nível de enriquecimento(%) nos livros de Química: a) Orgânica; b) Físico-química e c) Geral.

Percebe-se que o emprego de analogias simples em livros de Química ocorre intensamente, isto pode ser explicado, em parte, em função dos conceitos para os quais são empregadas as analogias. Como relatado anteriormente, os livros aqui apresentados, possuem em sua maioria analogias do tipo estrutural. A explicação para esses resultados é bastante compreensiva, tendo em vista que uma comparação de estrutura ou composição são analogias simples. Como exemplo podemos utilizar as estruturas do cicloexano em forma de cadeira e bote, e do ciclopentano em forma de envelope com a aba levantada, dentre outras verificadas durante a análise (Fig.8).



Ciclopentano em forma de envelope

Cicloexano em forma de cadeira e bote

Figura 8 – Confôrmeros do ciclopentano e do cicloexano (Extraído de Bruice. 2006, vol. 1, pp. 92 e 96, respectivamente, com permissão da editora).

Segundo Curtis e Reigeluth (1984)apud Monteiro e Justi (2000), “as analogias simples requerem dos alunos a identificação não só dos atributos compartilhados como também dos não compartilhados, o que pode ser uma tarefa difícil para alguns alunos, principalmente se as similaridades e diferenças não forem facilmente perceptíveis”. Tendo essa ideia como base, pode-se verificar que as analogias simples não são consideradas como um modelo de ensino eficiente. Entretanto, uma analogia simples é de extrema importância na memorização de muitos conceitos químicos.

A identificação de todos os atributos compartilhados entre o conceito análogo e o alvo favorece o entendimento dessa comparação, tendo em vista que mais de uma semelhança compartilhada entre os dois domínios caracteriza uma analogia enriquecida(Curtis & Reigeluth, 1984). Um exemplo de analogia enriquecida presente no livro B foi transcrita a seguir, na qual existe semelhança estrutural entre análogo e alvo, pois o sentido do giro do volante explica de forma análoga à configuração do carbono assimétrico.

*“Tendo decidido a ordem de prioridade dos quatro grupos ligados ao carbono quiral, descrevemos a configuração estereoquímica ao redor do carbono orientado da molécula de maneira que o grupo de mais baixa prioridade (4) esteja apontando para trás, afastado do leitor. Em seguida, olhamos os três substituintes restantes que agora apontam para o leitor, como os raios de um volante. Se a seta curva que parte do substituinte de maior para o substituinte de menor propriedade (1→ 2→ 3) estiver no sentido horário, então o centro de quiralidade apresenta **configuração R** (do latim, rectus, que significa “direita”). Se a seta curva 1→ 2→ 3 estiver no sentido anti-horário, então o centro de quiralidade apresenta **configuração S**(do latim, sinistrum, que significa “esquerda”). Para lembrar dessa atribuição, pense no volante de um carro quando gira para a direita (sentido horário) e quando gira para a esquerda (sentido anti-horário).”(Mcmurry, 2011, vol. 1, p. 278-279).*

De acordo com ideia de quando dois ou mais análogos são utilizados para ensinar um mesmo conceito alvo, a analogia possui o nível maior de enriquecimento caracterizando uma analogia ampliada ou estendida, atingindo assim, o mais alto nível de enriquecimento (Francisco Junior, Francisco& Oliveira, 2012). Um exemplo de analogia estendida foi encontrado no livro A, quando o fulereno foi comparado a três diferentes análogos. A analogia é transcrita a seguir e mostrada na Figura 9.

*“[...]Eles denominaram essa nova fórmula Buckminster-fulereno (frequentemente abreviado fulereno) devido à semelhança com uma **bola geodésica** popularizada por R. Buckminster Fuller, um arquiteto e filósofo americano. A substância foi apelidada de “buckyball”. Consistindo em um conglomerado oco de 60 carbonos, o fulereno é a maior molécula simétrica conhecida como o grafite, o fulereno tem somente carbonos hibridizados sp^2 , mas, em vez de estarem dispostos em camada, os carbonos estão arranjados em anéis, formando um conglomerado oco de 60 carbonos, o qual se mantém unido como se fosse a costura de uma **bola de futebol de salão**. Cada molécula tem 32 anéis intercalados (20 hexágonos e 12 pentágonos). [...] Buckyballs têm propriedades químicas e físicas. Eles são extremamente coesos e capazes de resistir a temperaturas extremas do espaço cósmico. Por se tratar essencialmente de **gaiolas ocas**, podem ser manipulados para produzir materiais até então desconhecidos”(Bruice, 2006, vol. 2, p. 5).*



Domo geodésico Buckminster-fulereno (buckyball)

Figura 9 – Domo geodésico e fulereno (Extraído de Bruice, 2006, vol. 2, p. 5, com permissão da editora).

Mapeamento das similaridades

Neste caso, a preocupação foi à identificação das analogias que foram mapeadas por conta das similaridades, ou seja, foi investigado se os autores se preocuparam em discutir os conceitos que correspondem o alvo e o análogo. Para os livros de QO (códigos A, B e C), a análise do Quadro 5, constata que das 139 analogias, 66,8% delas apresentaram similaridades, enquanto que no restante, 33,2%, as semelhanças não foram discutidas. Entre os livros de QO, o que mais apresenta o mapeamento das similaridades é o A (76,2%). Para as obras de FQ (códigos D, E e F) apenas 63,7% das similaridades foram mapeadas, porém entre elas o livro E é o de maior percentual de comparações. De modo geral, em grande parte das analogias encontradas (66,8%) os autores se preocupam em mostrar as semelhanças entre o alvo e o análogo.

Quando não se observa a discussão da analogia, entra em pauta mais uma vez a importância do professor para explicar as semelhanças e diferenças entre os conceitos comparados, caso contrário, o autor passa toda a responsabilidade de interpretação para o aluno, onde muitas vezes faz transposição de conceitos inadequados, trazendo certa confusão no que diz respeito à assimilação do alvo. Nesse sentido, uma boa analogia deve sempre vir acompanhada da identificação dos atributos comparados.

Quadro 5 – Classificação das analogias conforme a presença de mapeamento das similaridades e orientações pré-tópico.

LIVRO	MAPEAMENTO DAS SIMILARIDADES		PRESENÇA DE ORIENTAÇÕES PRÉ-TÓPICO	
	SIM	NÃO	SIM	NÃO
A	32	10	24	18
B	30	17	28	19
C	35	15	26	24
D	29	26	28	27
E	29	6	21	14
F	30	18	32	16
Total	185	92	159	118

Presença de orientações pré-tópico

A utilização de orientações acerca da presença de uma analogia serve como um alerta para o leitor/estudante dos cuidados a serem levados em consideração. Isso porque, para uma analogia ser entendida e tenha funcionalidade, é necessário que se leve em consideração não apenas as semelhanças mais também as diferenças entre o análogo e o alvo. Visualizando novamente o Quadro 5, observa-se que somente 57,4% das analogias encontradas são acompanhadas de algum tipo de identificação das mesmas. A análise individual das obras de QO e FQ, mostra que nos livros A, B, E e F prevalece a utilização de analogia que apresenta orientação pré-tópico, no entanto nos livros C e D, cerca de 50% das analogias não trazem orientações da presença dessas.

Apresentação e discussão das limitações

Uma questão bastante preocupante nos livros didáticos de QO e FQ é a baixa frequência de analogias que reporta a discussão das limitações. Das 277 analogias encontradas nos livros, em 4 delas, o autor reconhece as limitações e surpreendentemente apenas os livros C e F trazem uma analogia que apresenta a discussão sobre as limitações (transcrita a seguir). Observa-se também que os livros A, B e D não apresentam nenhuma analogia onde há o reconhecimento das limitações.

“Um fio desencapado conduzindo eletricidade provocará um curto-circuito se ele tocar outro condutor. É por isso, obviamente que, os fios são isolados. Os axônios de grandes neurônios, os condutores elétricos do sistema nervoso, também são isolados. Exatamente como nos fios elétricos cuja cobertura é um revestimento isolante de plástico, uma característica chamada bainha da mielina isola os axônios de muitas células nervosas de seus ambientes extracelulares.

*.....
Diferentemente dos fios elétricos que necessitam de isolamento de ponta a ponta, as camadas de lipídios da bainha da mielina não são isolantes para o axônio.”(Solomons, 2011, vol. 2, p. 371)*

O baixo índice de reconhecimento e de discussão das limitações pode, de acordo com Monteiro e Justi (2000), ser ancorado por três suposições:

- a) os autores pensam que as limitações analógicas não são relevantes para serem incluídas nos livros;
- b) os autores presumem que os alunos não têm dificuldades em estabelecer as relações analógicas corretas;
- c) os autores impelem aos professores a responsabilidade de estabelecer os limites das analogias.

Nesse contexto, novamente deve-se reforçar a ideia de que o professor é a ponte principal que liga o mundo das analogias e a necessidade que o aluno/leitor tem de aprender, tendo em vista que os próprios autores das analogias não reconhecem e muito menos discutem as limitações de suas analogias, demonstrando muitas vezes o desconhecimento do real poder das analogias na construção dos conceitos químicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que se refere à utilização de analogias como recurso didático por professores durante as aulas e por escritores na organização de suas obras, é necessário reconhecer que as mesmas podem funcionar tanto como promotoras quando bloqueadoras da aprendizagem. O emprego das analogias no ensino de Química exige planejamento, afim de que se reconheça as vantagens e desvantagens que trazem para o ensino-aprendizagem. Para superar as desvantagens que algumas analogias podem proporcionar, no diz respeito aos livros aqui analisados, é de fundamental importância que os professores das disciplinas de Química Orgânica e Físico-Química reconheçam as potencialidades e limitações das mesmas.

Os resultados obtidos neste trabalho revelam que os autores de livros de Química Orgânica (QO, códigos A, B e C) utilizam analogias com maior frequência no primeiro volume de suas obras, enquanto que para os livros de Físico-Química (FQ, códigos D, E e F) foi observado que o segundo volume apresenta uma frequência média de analogia superior as do primeiro volume nos três livros analisados. Essas analogias na maioria das vezes são empregadas verbalmente, que por sua vez compara o conceito alvo com um análogo mais concreto e mais familiar ao aluno, no entanto, em tópicos de FQ observou-se um aumento significativo das analogias em que o alvo e o análogo são abstratos, podendo estar relacionado ao elevado grau de abstração dos tópicos, e que torna difícil o emprego de um análogo concreto que compartilhe semelhanças com o alvo. Observa-se também uma assiduidade de analogias repetidas nos diferentes livros, demonstrando que os autores apostam no emprego de analogias clássicas, possivelmente por não conhecerem ou não quererem elaborar novas analogias.

Pode-se concluir também que todos os livros analisados nesta pesquisa são ricos em analogias simples, dando ênfase às análogos estruturais no caso de livros de QO, e análogos funcionais para as obras de FQ. As analogias simples são mais fáceis de induzirem os alunos a erros conceituais, pois mostram poucas similaridades entre os domínios comparados. Também é visível que os livros de QO, apresentam um maior percentual de analogias enriquecida e estendida, que por sua vez está intimamente relacionado à qualidade das analogias.

É importante ressaltar que em todos os livros analisados nesta pesquisa é visível a baixa ocorrência de analogias em que o autor reconhece as limitações e/ou discute essas limitações, repassando toda a responsabilidade ao professor e ao aluno no que se refere à explicação e percepção das analogias, respectivamente.

Do exposto acima, é possível afirmar que muitas das analogias encontradas em alguns capítulos dos livros avaliados, poderiam ser suprimidas sem perda significativa da compreensão dos conceitos abordados nesses capítulos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A. C. S., Sussuchi, E. M., Magalhães, C. N., & Piovesan, A. F. (2014). Analogias e metáforas no ensino e aprendizagem do conceito de átomo: breve análise em livros didáticos. *Scientia Plena*, 10(4), 1-9.
- Atkins, P., & De Paula, J. (2006). *Físico-Química*. (8a ed.) Rio de Janeiro: LTC.
- Ball, D. W. (2006). *Físico-química*. São Paulo: Thomson.

- Bernardino, M. A. D., Rodrigues, M. A., & Bellini, L. M. (2013). Análise crítica das analogias do livro didático público de Química do estado do Paraná. *Ciência & Educação*, 19(1), 135-150. DOI: [10.1590/S1516-73132013000100010](https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000100010)
- Bruice, P. Y. (2006). *Química Orgânica*. (4a ed.) São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Chang, R. (2010). *Físico-química para as ciências químicas e biológicas*. (3a ed.) Porto Alegre: AMGH.
- Cunha, M. C. C. (2006). Analogias nos livros de ciências para as séries iniciais do ensino fundamental. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 6(2), 1-15.
- Curtis, R. V., & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13(2), 99-117. DOI: [10.1007/BF00052380](https://doi.org/10.1007/BF00052380)
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672. DOI: [10.1002/sci.3730750606](https://doi.org/10.1002/sci.3730750606)
- Francisco Junior, W. E. (2007). Bioquímica no ensino médio?! (De) Limitações a partir da análise de alguns livros didáticos de Química. *Ciência & Ensino*, 1(2), 1-10.
- Francisco Junior, W. E. (2009). 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(1), 121-143.
- Francisco Junior, W. E., & Francisco, W., & Oliveira, A. C. (2012). Analogias em livros de Química Geral destinados ao ensino superior. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 14(3), 131-147.
- Furió, C., & Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*, 11(3), 300-308.
- Harrison, A. G., & Treagust D. F. (1993). Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291-1307. DOI: [10.1002/tea.3660301010](https://doi.org/10.1002/tea.3660301010)
- Justi, R. S., & Mendonça, P. C. C. (2008). Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química. *Educación química*, 1(1), 24-29. DOI: [10.2436/20.2003.02.4](https://doi.org/10.2436/20.2003.02.4)
- Lima, A. A. (2007). O uso de modelos no ensino de química: uma investigação acerca dos saberes construídos durante a formação inicial de professores de Química da UFRN. (Tese de doutorado em Educação) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. Recuperado de <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/14122>
- Mcmurry, J. (2011). *Química Orgânica*. (7a ed.) São Paulo: CENGAGE Learning.
- Melzer, E. E. M., & Castro, L., & Aires, J. A., & Guimarães, O. M. (2009). Modelos Atômicos nos Livros Didáticos de Química: Obstáculos à Aprendizagem. In Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência-VII ENPEC (1-9). Florianópolis, SC, Brasil. Recuperado de posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viipec/pdfs/399.pdf
- 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(1), 22-34.
- Monteiro, I. G., & Justi, R. S. (2000). Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(2), 67-91.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2002). *Lehninger: Princípios de Bioquímica*. (3a ed.) Traduzido por A. A. Simões e W. R. Lodi. São Paulo: Sarvier.
- Raviolo, A., & Siracusa, P., Gennari, F., & Corso, H. (2004). Utilización de un modelo analógico para facilitar la comprensión del proceso de preparación de disoluciones: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 379-388.
- Rigolon, R. G., & Obara, A. T. (2011). Distinção entre analogia e metáfora para aplicação do modelo Teaching with analogies por licenciandos de Biologia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), 481-498.

Ros, A. C. (2001). La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo una perspectiva desde España. *Educación Química*, 12(1), 7-17.

Souza, V. C. A., Justi, R. S., & Ferreira, P. F. M. (2006). Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências* 11(1), 7-28.

Solomons, T. W. G., & Fryhle, C. B. (2011). (9a ed.) *Química Orgânica*. Rio de Janeiro: LTC.

Terrazzan, E. A., Pimentel, N. L., Silva, L. L., Buske, R., & Amorim, M. A. L. (2005). Estudo das analogias utilizadas em coleções didáticas de Física, Química e Biologia. *Enseñanza de las Ciencias*, [Extra, 1-6].

Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22(1), 61-74. [DOI:10.1007/BF00889523](https://doi.org/10.1007/BF00889523)

Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17(6), 783-795. [DOI: 10.1080/0950069950170609](https://doi.org/10.1080/0950069950170609)

Recebido em: 22.07.2016

Aceito em: 31.10.2016