



ANALOGIAS EM LIVROS DE QUÍMICA: UMA ANÁLISE DAS OBRAS DE QUÍMICA GERAL DESTINADAS AO ENSINO SUPERIOR

ANALOGIES IN CHEMISTRY TEXTBOOKS: AN ANALYSE OF THE UNDERGRADUATE'S GENERAL CHEMISTRY TEXTBOOKS

Welington Francisco¹

Wilmo Ernesto Francisco Junior²

¹Instituto de Química/UNESP/Campus de Araraquara/Departamento de Química Orgânica, 10welington@bol.com.br

²Universidade Federal de Rondônia/UNIR/Departamento de Química, wilmojr@bol.com.br

Resumo

A utilização das analogias é comum em livros de Ciências, sobretudo devido à existência de inúmeros conceitos abstratos. Porém, estudos envolvendo analogias em livros voltados ao Ensino Superior não são comuns. Nesse sentido, o presente artigo apresenta um estudo sobre as analogias encontradas nos livros de Química Geral voltados ao Ensino Superior, na tentativa de fazer um paralelo com estudos cujas análises se deram para livros de nível médio. Após a leitura integral das obras, identificou-se 145 analogias, as quais foram divididas conforme sistema de categorias adaptado de outros estudos. Também foram discutidos apontamentos sobre um uso mais adequado das analogias em textos e em sala de aula, bem como sobre o papel dos professores no uso desse recurso. Os resultados indicaram que a maior parte das analogias encontradas nos livros de Química Geral não favorece a aprendizagem.

Palavras-Chave: analogia, livro didático, Química Geral.

Abstract

Analogies are commonly used in science textbooks, mainly in order to teach abstract concepts. Nevertheless, studies about textbooks employed in undergraduate courses are unusual. Taking this into account, this paper presents an analysis of the analogies found in General Chemistry textbooks, aiming to establish a parallel between studies whose target was high school textbooks. After textbooks' reading, 145 analogies were identified. These analogies were classified according a system of categories adapted from studies present in the literature. This work also discusses directions for an adequate use of analogies in texts and in the classroom, as well as aspects related to the teachers' role. The results indicated that the most of the analogies is unfavorable to the learning.

Keywords: analogies, textbooks, General Chemistry.

INTRODUÇÃO

As analogias estão inseridas em diversas situações do dia-a-dia e, geralmente, configuram-se numa comparação entre dois eventos: um que se pretende explicar, portanto, desconhecido; e o já conhecido que servirá de referência. A história mostra que as analogias são consoantes à Ciência e ao desenvolvimento de inúmeras teorias. O raciocínio analógico está no bojo de renomadas teorias científicas, tais como aquelas apresentadas por Maxwell, Rutherford, Einstein dentre outros.

No que se refere ao ensino da Ciência, trabalhos com interesses em analogias surgem nos anos 60 (OLIVA et al., 2001). Tal interesse se justificou tanto do ponto de vista psicológico como da educação científica. Segundo os mesmos autores, foi no início dos anos 80, porém, que a investigação sobre o uso de analogias ganhou propulsão. Apesar do número de pesquisas relacionadas ao tema, grande parte dos professores continua a utilizar as analogias sem se preocupar com um delineamento de metas ou com os possíveis problemas de tal recurso, como apontam diversos trabalhos (TREAGUST et al. 1992; FERRAZ; TERRAZZAN, 2002; BOZELLI; NARDI, 2006). O uso de analogias requer cuidado, uma vez que seu emprego de forma simplificada e espontânea pode guiar o pensamento para uma visão concreta e imediata capaz de tolher a abstração necessária à formação do conhecimento científico.

Diversos autores utilizam diferentes denominações para os conceitos comparados em uma analogia; porém, a discordância semântica destes termos não indica que eles sejam percebidos diferentemente por esses autores. Neste trabalho será adotada a denominação de *conceito alvo* para aquele conceito que se quer aprender (ensinar), e de *conceito análogo* para aquele que servirá de subsídio para o alcance do primeiro.

No que se refere à definição das analogias, uma variedade de trabalhos também apresenta diferentes propostas (DAGHER, 1995; OLIVA et al., 2001); por vezes similares e até dissonantes em alguns aspectos. Porém, em todas elas prevalece a ideia comum de comparação. No presente contexto, as analogias serão compreendidas como o primeiro passo de um processo cognitivo pelo qual, a partir da identificação das semelhanças entre dois conceitos, é possível fazer inferências sobre o conceito menos conhecido e predizer os aspectos não correspondentes entre ambos. Em outras palavras, a analogia é uma forma de raciocínio, a partir do qual se pode conhecer um fenômeno desconhecido mediante o estabelecimento de correspondências com o fenômeno já conhecido. Porém, isso sublinha a analogia como um processo psicológico ou um ato de cognição humana no entendimento de um conceito por meio de outro. Mas, ao mesmo tempo, sabe-se que tanto as analogias quanto os modelos são parte integrante da comunicação humana, isto é, são dispositivos da linguagem. Ambos podem funcionar para comunicar algo e são empregados com o intuito de facilitar tal comunicação.

Portanto, pode-se ainda distinguir a analogia enquanto um instrumento para, deliberadamente, facilitar o entendimento de algo a alguém. É óbvio que para esse alguém compreender o objeto de ensino, ele deverá processar a analogia cognitivamente. No entanto, a analogia para aquele que a utiliza como instrumento de ensino já foi processada cognitivamente e torna-se, dessa maneira, uma forma de comunicação. Essa distinção da analogia entre ato cognitivo e comunicativo raramente é feita. Porém, parece fundamental distinguir a analogia enquanto construção cognitiva pessoal e enquanto forma de comunicação, embora, na sala de aula, isso esteja altamente imbricado.

Enquanto recurso didático, o uso de analogias está relacionado a diversas competências cognitivas, tais como percepção, imaginação, criatividade, memória, resolução de problemas, além do desenvolvimento conceitual. Por isso, as analogias foram e são instrumentos extremamente importantes na cognição humana, marcando notadamente a comunicação e a aprendizagem em diversas áreas do conhecimento. Entretanto, analogias funcionam bem quando as semelhanças predominam e tendem a falhar quando as

diferenças começam a prevalecer. Nesse sentido, há trabalhos (OLIVA et al., 2001; DUARTE, 2005) cujo enfoque foi mapear as vantagens e desvantagens, as potencialidades e os problemas bem como o sucesso obtido com a aplicação de analogias, destacando-se as revisões realizadas por Duit (1991) e Dagher (1995).

Duit (1991) aponta que o uso de analogias pode: (i) abrir outras perspectivas de ensino; (ii) facilitar a compreensão e a interpretação de conceitos abstratos por similaridades com conceitos concretos; (iii) motivar os estudantes; (iv) auxiliar o professor a desvelar conceitos prévios dos estudantes sobre áreas já estudadas.

Em contrapartida, o mesmo autor considera o uso das analogias como uma “*faca de dois gumes*”, destacando as seguintes desvantagens: (i) atribuição por parte dos alunos de características do domínio que não são compartilhadas pelo conceito alvo; (ii) transferência de concepções prévias sobre o conceito domínio para o conceito alvo; (iii) compreensão equivocada do conceito alvo devido à sobreposição de similaridades superficiais em relação aos aspectos estruturais.

Considerando que as analogias são instrumentos muito presentes em aulas e livros didáticos de Química para o Ensino Médio, esse trabalho analisa as analogias presentes nos livros em língua portuguesa de Química Geral para o Ensino Superior, almejando traçar um paralelo com os resultados já divulgados para obras do Ensino Médio brasileiro. Com isso, o intuito é refletir sobre as seguintes questões: As analogias presentes em livros voltados ao Ensino Superior influenciam os autores de livros para o Ensino Médio? A importância dada às analogias em livros de Ensino Médio é a mesma em livros de Química Geral? Qual a relação existente, em termos quantitativos, entre as analogias presentes nos livros de Ensino Médio e do Ensino Superior?

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O primeiro momento deste trabalho consistiu na leitura integral das cinco obras selecionadas visando à identificação das analogias presentes. Para facilitar a discussão, os livros receberam códigos de identificação, os quais são apresentados pela Tabela 1.

Tabela 1. Livros analisados e os respectivos títulos, autores, editoras, ano de publicação (impressão) do exemplar analisado e edição.

Livro	Título	Autor(es)	Editora	Ano	Edição
A	Princípios de Química	Peter Atkins e Loretta Jones	Bookman	2007	3 ^a
B	Química Geral	John B. Russel	Edgard Blücher	1994	2 ^a
C	Química: um curso universitário	Bruce M. Mahan e Rollie J. Myers	Edgard Blücher	2007	4 ^a
D	Química Geral e Reações Químicas	John C. Kotz e Paul M. Treichel Jr.	Thonson	2007	5 ^a
E	Química: a ciência central	Theodore L. Brown, H. Eugene Leway Jr., Bruce E. Bursten e Julia R. Burdge	Pearson Prentice Hall	2007	9 ^a

Foram identificadas como analogias partes contidas no texto que estivessem de acordo com a definição apresentada anteriormente (uma comparação pela qual se pode conhecer um fenômeno desconhecido mediante o estabelecimento de correspondências

com o fenômeno já conhecido), ou quando se verificou algum tipo de identificação da analogia. Expressões do tipo “semelhante a...”, “isso é como...”, “fazendo uma analogia...”, “analogamente...” foram caracterizadas como indicadores da presença de analogia. Num segundo momento, as analogias identificadas foram classificadas de acordo com um sistema composto por nove categorias. Tal sistema de categorias, descrito por Francisco Junior (2009), foi adaptado da proposta apresentada por Thiele e Treagust (1994).

1. Quantidade e frequência das analogias;
2. Conteúdo do conceito alvo;
3. Tipo de relação analógica entre análogo e alvo;
4. O nível de abstração dos conceitos análogo e alvo;
5. Formato da apresentação;
6. A posição da analogia em relação ao alvo;
7. O nível de enriquecimento da analogia;
8. O nível de mapeamento feito pelo autor;
9. Apresentação e discussão de limitações.

O primeiro item apresenta a distribuição das analogias em cada obra, ou seja, o total de analogias em cada livro analisado. Na segunda categoria foram estabelecidos os conceitos químicos alvo da analogia. O terceiro critério analisou se análogo e alvo compartilham atributos estruturais, funcionais ou ambos. A relação é estrutural quando o análogo e o alvo compartilham aspectos físicos. Por outro lado, em uma relação funcional a função ou comportamento do análogo é atribuído ao alvo. Uma relação estrutural/funcional combina tanto as relações estruturais como as funcionais. Foi considerada ainda uma quarta divisão, na qual as analogias apresentam aspectos matemáticos em comum.

Na quarta categoria verificou-se o nível de abstração. As analogias dividem-se basicamente em concretas-concretas, concretas-abstratas e abstratas-abstratas. As analogias concretas-concretas são caracterizadas por ambos os conceitos, análogo e alvo, serem concretos. Por sua vez, as analogias concretas-abstratas possuem o conceito análogo concreto e o conceito alvo abstrato. Conseqüentemente, analogias abstratas-abstratas são aquelas nas quais ambos os conceitos comparados são abstratos. A categoria subsequente diferenciou o formato de apresentação da analogia no texto. A analogia foi considerada ilustrativo-verbal quando algum tipo de ilustração, além do texto, representava o análogo. Analogias descritas unicamente pelo texto foram consideradas verbais. O sexto critério verificou a posição da analogia em relação ao alvo, isto é, se a analogia foi apresentada antes, após, durante o conceito alvo ou ainda a margem do texto.

A sétima categoria diz respeito ao nível de enriquecimento, isto é, a extensão das semelhanças apresentadas. Basicamente, existem três níveis de enriquecimento. As analogias foram classificadas como simples quando um único atributo é compartilhado com o conceito alvo. Analogias que compartilhassem mais de um atributo com o conceito alvo foram classificadas como enriquecidas. Quando mais de uma analogia foi empregada para a discussão de um mesmo conceito alvo, ou, quando a analogia sofreu uma modificação para compartilhar um novo atributo, ela foi classificada como estendida. Essa categorização difere da apresentada por Curtis e Reigeluth (1984), também utilizada em outros estudos (MONTEIRO; JUSTI, 2000). Nesses trabalhos, uma analogia foi classificada como simples quando o conceito análogo era conectado ao alvo por meio de expressões do tipo “é como”, “pode ser comparado a”, “é semelhante a”. Já para analogias enriquecidas devia haver explicitação dos atributos compartilhados.

O nível de mapeamento (categoria 8) buscou analisar se o(s) autor(es) discutem os conceitos correspondentes entre o alvo e o análogo e, além disso, até que ponto tal

correspondência é debatida. A nona e última categoria verificou a apresentação de limitações da analogia ou alerta sobre a possibilidade da ocorrência de entendimentos não adequados, bem como a discussão de tais limitações. Para isso, houve uma divisão em subcategorias: não reconhece limitações, reconhece limitações e discute as limitações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantidade de analogias

A Tabela 2 ilustra a quantidade de analogias para cada obra analisada. O total de analogias encontrado foi de 145, uma média de 24,2 analogias por obra. Pode-se depreender que há uma distribuição de certa forma homogênea quanto à presença das analogias entre os livros B, C, D e E (24, 16, 21 e 24 analogias respectivamente). Também é possível incorrer que o livro A apresenta uma quantidade de analogias superior aos demais. Apenas essa obra é responsável por 41,4 % (60 incidências) do total de analogias encontradas. A elevada média de analogias por obra é decorrente da grande incidência neste compêndio em específico. Admitindo que o conteúdo programático presente em cada livro é basicamente o mesmo, tal discrepância parece ser fruto da própria importância que os autores desse livro atribuem a esse recurso didático.

Tabela 2. Quantidade de analogias e frequência de analogias por capítulo para as obras analisadas.

Livros	A			B			C			D			E		
	v. 1	v. 2	total	v. 1	v. 2	total	v. 1	v. 2	total	v. 1	v. 2	total	v. 1	v. 2	total
Quantidade de analogias	60	15	9	24	16	14	7	21	24						
Frequência de analogias por capítulo	3,0	1,25	0,75	1,0	0,80	1,0	0,67	0,91	0,96						

Monteiro e Justi (2000) reportam a presença de 126 analogias, média de 11,5 analogias por coleção didática. Curtis e Reigeluth (1984) e Thiele e Treagust (1994) retratam médias de 13 e 9,3 analogias respectivamente, também para livros de Química. Terrazzan et al. (2005), analisando quatro obras de Biologia, Física e Química encontraram 414, 71 e 64 incidências respectivamente. Francisco Junior (2009) relata a presença de 154 analogias nas seis obras de Química aprovadas pelo PNLEM 2007 (Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio), com média de 25,7 analogias por coleção. Todos esses estudos tratam de livros para o Ensino Médio.

Em termos quantitativos, parece haver certa dissonância entre os livros de Química Geral aqui analisados com os livros de Ensino Médio, exceto no caso dos livros aprovados pelo PNLEM 2007 (Francisco Junior, 2009). A quantidade e a frequência de analogias são superiores à maioria das obras destinadas ao Ensino Médio. Contudo, se for desconsiderado o Livro A, devido à discrepância em relação aos demais, a média de analogias por obra cairia para 17,0, um número não muito distante da faixa dos resultados reportados em outros estudos. Isso indica que a importância dada às analogias é símile na maior parte das obras do Ensino Superior e do Ensino Médio.

No entanto, outra questão parece ganhar relevo. Tanto os livros analisados por Francisco Junior (2009) quanto o livro A são mais recentes em comparação aos demais títulos e aos livros analisados por outros autores (THIELE; TREAGUST, 1994;

TERRAZZAN et al. 2005; MONTEIRO; JUSTI, 2000). Esses são indícios de que há uma tendência dos livros produzidos mais recentemente em tornar os conceitos mais acessíveis ao leitor. Esse pensamento pode estar imbuído pela crença de que as analogias facilitam a aprendizagem por trazer à tona elementos mais próximos da realidade do leitor. Contudo, é necessário aguardar para avaliar se tal fato se confirma.

Conteúdo do conceito alvo

No que tange à distribuição das analogias entre os temas químicos, observa-se certa diferença entre livros de nível médio e de Química Geral. Enquanto para os livros de Ensino Médio prevalecem analogias para conceitos como estrutura atômica e cinética química, nos livros de Ensino Superior verifica-se, além da estrutura atômica (clássica e moderna), elevada quantidade de analogias para tópicos como geometria e estrutura molecular, assim como composição e propriedades das substâncias e ligações químicas.

Tabela 3. Distribuição das analogias encontradas por temas.

Tópicos	Livros					Total	%
	A	B	C	D	E		
Geometria e estrutura molecular	8	2	1	3	6	20	13,8
Substâncias: composição e propriedades	4	5	3	5	1	18	12,4
Ligações químicas	15	-	1	-	2	18	12,4
Estrutura atômica	4	4	-	4	5	17	11,7
Cinética	6	1	-	2	3	12	8,3
Estrutura atômica moderna	6	3	-	-	1	10	6,9
Termoquímica	5	-	1	3	-	9	6,2
Termodinâmica	-	1	2	-	3	6	4,1
Eletroquímica	2	1	1	1	-	5	3,4
Elementos e propriedades periódicas	2	-	2	-	-	4	2,7
Soluções	1	1	2	-	-	4	2,7
Quantidade de matéria	1	1	-	1	-	3	2,1
Cadeias carbônicas	2	1	-	-	-	3	2,1
Gases	-	1	1	-	-	2	1,4
Equilíbrio	1	-	1	-	-	2	1,4
Isomeria	-	1	1	-	-	2	1,4
Estequiometria	1	-	-	-	1	2	1,4
Bioquímica	1	-	-	-	1	2	1,4
Propriedades coligativas	1	-	-	1	-	2	1,4
Radioatividade	-	1	-	1	-	2	1,4
Polímeros	-	-	-	-	1	1	0,7
Noções de Matemática	-	1	-	-	-	1	0,7

Tal resultado pode ser interpretado pelo fato desses tópicos surgirem com maior ênfase apenas em cursos superiores. O estudo das geometrias moleculares se intensifica com a Teoria de Repulsão dos Pares Eletrônicos, bem como o estudo das propriedades das substâncias, sobretudo dos sólidos. Isso é corroborado pelos dados, que demonstram a presença de analogias para tais temas em todos os livros analisados; fato que não ocorre, por exemplo, com o assunto Ligações Químicas, o qual apresenta também elevada quantidade de analogias, porém, presentes praticamente em uma única obra.

Independente do nível de ensino, tópicos relacionados à estrutura atômica sempre subjazem várias analogias. Isso pode decorrer tanto da elevada abstração desse tema, quanto do pensamento arraigado entre autores de livros didáticos que, devido a sua abstração, tal assunto merece ser enfatizado mediante o uso de analogias.

Tipo de relação analógica

Em termos da relação analógica, foram encontradas 71 analogias (48,6%) do tipo estrutural, 56 (38,3%) funcional e apenas 18 (12,3%) estrutural-funcional. Monteiro e Justi (2000) reportam a presença de 58% (73 no total) de analogias funcionais, 38% (48) de analogias estruturais e 4% (5) de analogias estruturais-funcionais nos livros pesquisados. Por sua vez, Curtis e Reigeluth (1984) encontraram 88% de relações analógicas funcionais, 10% estruturais e 2% estruturais-funcionais. Francisco Junior (2009) assinala que 49,4% das analogias encontradas foram do tipo funcional, 35,7% estrutural e 11,7% estrutural-funcional.

Todas as pesquisas que tiveram livros de nível médio como objeto incorrem para maior quantidade de analogias do tipo funcional. Já para os livros aqui analisados, verificou-se maior parcela de analogias estruturais. A principal razão para isso é a natureza dos conceitos químicos para os quais são empregados analogias. Um dos tópicos muito abordado em livros de Química Geral é o estudo da composição, estrutura e propriedades de sólidos. Boa parte das analogias decorre deste tópico, sendo praticamente todas elas de caráter estrutural. Outro tópico também recorrente no Ensino Superior e ausente no Ensino Médio é a teoria atômica moderna, responsável também por analogias do tipo estrutural. Além de analogias funcionais, estruturais e estruturais-funcionais, foi encontrada um analogia (0,7%) no Livro B do tipo fórmula-funcional. Analogias desse tipo configuram-se por apresentarem aspectos matemáticos em comum.

Considerando as coleções separadamente, os livros A, C e E encerram mais analogias do tipo estrutural do que funcional ou estrutural-funcional, sendo que os livros A e E apresentam um número bem mais elevado de analogias estruturais comparado às demais categorias de relação analógica. Esse fator é o que prevalece na maior ocorrência de analogias estruturais. Nas duas outras obras prevalecem analogias do tipo funcional, porém, sem tanta dissonância em termos numéricos com relação às analogias estruturais principalmente.

Seria recomendável que análogo e alvo pudessem compartilhar tanto atributos funcionais quanto atributos estruturais, fato incomum nos resultados apresentados. Entretanto, não são todas as analogias que permitem isso e, analogias somente do tipo estrutural ou somente do tipo funcional podem atingir os objetivos delineados, assim como analogias do tipo estrutural-funcional podem trazer sérios prejuízos à aprendizagem. O livro C, por exemplo, apresenta uma analogia entre o equilíbrio do sistema $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ e o equilíbrio de um líquido com seu vapor. Os autores trazem que “esse sistema químico é rigorosamente análogo ao sistema físico que consiste de uma fase condensada e seu vapor” (LIVRO C, p. 83).

Tal analogia compartilha tanto atributos estruturais (sistema inicial com menor volume e menor espaço entre as partículas; o sistema final apresenta partículas mais espaçadas entre si e maior volume) quanto funcionais (aumento de entropia do sistema, mudança de estado físico entre o sistema inicial e final). Todavia, como um sistema químico pode ser “rigorosamente análogo” a um sistema físico? Em um sistema físico não há alterações em nível atômico-molecular. Logo, mesmo se tratando de uma analogia que compartilha características estruturais e funcionais, a aprendizagem pode ser prejudicada, uma vez que é possível a transposição de ideias inválidas de um conceito ao outro.

Tabela 4. Quantidade de analogias segundo o tipo de relação analógica, o formato de apresentação e o nível de abstração.

	Tipo de relação analógica			Nível de abstração			Forma de apresentação	
	estrutural	funcional	estrutural-funcional	concreta-abstrata	abstrata-abstrata	concreta-concreta	verbal	ilustrativa-verbal
Livro A	31	21	8	44	7	9	52	8
Livro B	11	12	0	23	1	0	17	7
Livro C	9	5	2	11	4	1	13	3
Livro D	6	10	5	13	3	5	17	4
Livro E	14	7	3	11	1	12	17	7
total	71	55	18	102	16	27	116	29

Nível de abstração

Um dos principais aspectos a serem considerados na seleção e no uso de uma analogia é a familiarização dos alunos com a mesma; em outras palavras, os alunos devem compreender o análogo para compreender o conceito alvo. O conceito análogo deve, sempre, ser mais acessível do que o conceito alvo, isto é, deve ter relação direta, mais compreensível e mais cotidiana com os alunos. Na medida em que uma analogia demasiadamente abstrata torna-se pouco familiar aos estudantes, esta pode não contribuir para a transposição das ideias similares de um fenômeno ao outro. Sempre que possível, a analogia deve ser concreta e pessoalmente significativa, o que a torna potencialmente mais familiar aos estudantes.

Os resultados mostram que isso parece ter sido levado em conta nas analogias propostas nos livros analisados. Verificou-se que a grande maioria (102 – 69,9 %) das analogias encontradas nas obras analisadas é do tipo concreta-abstrata (Tabela 4). Analisando-se as coleções separadamente, evidencia-se também o predomínio de analogias do tipo concreta-abstrata sobre as demais. Analogias abstratas-abstratas e concretas-concretas correspondem respectivamente a 11,6% e 18,5% do total das analogias encontradas. Monteiro e Justi (2000) e Francisco Junior (2009) também relatam maior ocorrência de analogias concreta-abstrata em relação às categorias concreta-concreta e abstrata-abstrata. Todavia, apenas o fato do conceito análogo ser concreto não torna a analogia adequada. O livro A apresenta uma analogia na qual soluções tampões são relacionadas a ralos (Livro A, p. 504). Tal analogia compara questões muito diferentes, regidas por fundamentos distintos e que não fazem sentido em ser comparadas.

Forma de Apresentação

Representações visuais são importantes na compreensão da analogia, pois fundamentam a formação dos modelos mentais a partir da percepção e da imaginação. Portanto, apresentar, quando possível, imagens pelas quais o conceito em estudo possa ser representado, discutido e debatido é uma forma de garantir maior compreensão dos estudantes. Todavia, o uso de ilustrações está associado ao tipo de relação analógica. O objetivo de se empregar as ilustrações é possibilitar ao estudante a formulação de ideias abstratas. Esse pode ser um dos fatores que levam os autores a optar por analogias ilustrativo-verbais. Isso não implica, todavia, que a simples visualização de uma estrutura pode levar à formulação de um conceito. Ao contrário, todo conceito, ao ser formulado, tanto na história da Ciência como na estrutura cognitiva do aluno, passa por uma série de modificações e aperfeiçoamentos. Além disso, deve-se ter cuidado quanto às impressões

imediatas que impedem o raciocínio abstrato e fomentam a formulação de obstáculos à aprendizagem.

Das 145 analogias identificadas, grande parte (116 – 80 %) apresenta-se sob a forma verbal e apenas 20 % (29) sob a forma ilustrativa-verbal. Não foram encontradas analogias apenas ilustrativas. Comparando as obras, em todas elas prevalecem as analogias descritas verbalmente, diferentemente do equilíbrio entre analogias verbais e ilustrativa-verbais assinalado por Francisco Junior (2009). Esse equilíbrio também é reportado por Monteiro e Justi (2000) e Thiele e Treagust (1994). Já Curtis e Reigeluth (1984) assinalam para 29% de analogias ilustrativa-verbais e 71% de analogias verbais, resultados mais próximos dos aqui obtidos. Os resultados aqui obtidos podem estar calcados na hipótese de que estudantes de nível superior possuem mais habilidade em imaginar algo abstrato do que estudantes de nível médio. Dessa forma, os autores de livros para o nível médio preocupam-se, em maior grau, com a presença de ilustrações no sentido de facilitar a imaginação do leitor. Outra hipótese, de certa forma corroborada pela anterior, é a qualidade gráfica superior dos livros de Ensino Médio. Isso possibilita a presença de ilustrações em maior quantidade e qualidade.

Posição das analogias

Monteiro e Justi (2000) concordam com Curtis e Reigeluth (1984) quanto ao fato de que as analogias posicionadas antes ou durante a apresentação do alvo podem ser mais eficazes. Nesses casos, as analogias permitem estabelecer comparações mais diretas, pois, ao ser apresentado ao conceito alvo, o aluno pode, simultaneamente, estabelecer as relações necessárias (MONTEIRO; JUSTI, 2000). Mas, segundo Francisco Junior (2009):

(...) 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. Essa é uma função das analogias que não pode ser ignorada, mas que poucos autores de livros e poucos pesquisadores consideram. (Francisco Junior, 2009, p. 135)

A posição das analogias depende dos objetivos de quem a propõe, assim como da natureza dos conceitos alvo e análogo. No caso dos livros aqui analisados, há um claro predomínio de analogias apresentadas concomitantemente ao conceito alvo (63 – 43,1%). Já as analogias à margem detêm o menor índice.

Tabela 5. Analogias de acordo com a posição em relação ao alvo e o nível de enriquecimento.

	Posição				Nível de enriquecimento		
	antes	durante	após	à margem	simples	enriquecida	estendida
Livro A	19	18	17	6	47	0	13
Livro B	1	11	6	6	18	6	0
Livro C	0	16	0	0	12	4	0
Livro D	4	6	7	4	14	4	3
Livro E	5	11	6	2	14	4	6
total	29	62	36	18	105	18	22

Nível de enriquecimento

Como pode ser visto na Tabela 5, a maioria das analogias (106 – 72,4%) foi classificada como simples. Analogias do tipo enriquecidas e estendidas correspondem a 18 (12,4%) e 22 (15,2%) incidências, respectivamente. Esses números são razoavelmente diferentes dos apresentados por Francisco Junior (2009) e indicam que os livros de Química Geral tendem a apresentar mais analogias simples. Isso pode ser explicado em parte pelos próprios conceitos para os quais são empregadas analogias. Como visto anteriormente, os livros de Química Geral, diferentemente daqueles destinados ao Ensino Médio, possuem mais analogias do tipo estrutural. Há uma tendência de que analogias estruturais sejam simples, pois geralmente se compara um único atributo, como, por exemplo, estrutura do fulereno-bola de futebol, estrutura do DNA-espiral de caderno, átomo de Dalton-bola de sinuca, dentre outras tantas que aparecem.

Analogias simples são mais propensas a ocasionar problemas de aprendizagem, visto que os estudantes podem encontrar dificuldades para identificá-las e conseqüentemente não as aceitam. Isso ocorre devido à baixa similaridade e, por conseguinte, às várias limitações que as analogias simples apresentam. Quando mais de um atributo de um análogo é empregado na discussão de mais de um conceito alvo, ou mais de um análogo é utilizado para ensinar um mesmo conceito alvo, a analogia pode ser classificada como ampliada ou estendida, atingindo assim, o mais alto nível de enriquecimento. Contudo, um alto nível de enriquecimento não significa, necessariamente, uma analogia adequada. Em alguns casos, devido ao uso de muitos análogos na tentativa de explicar um único conceito alvo, as comparações podem ser confusas para os estudantes, o que os levaria a não estabelecer as correspondências adequadamente.

Mapeamento das similaridades

A não discussão da analogia impele ao professor e/ou estudante a responsabilidade em estabelecer não só as similaridades, mas também as limitações da analogia. Isso pode resultar, além da não identificação das similaridades (o que torna a analogia inútil sob o ponto de vista de facilitar a aprendizagem), na transposição de comparações inválidas que por sua vez podem criar obstáculos de aprendizagem. Por isso, recomenda-se o uso de analogias acompanhadas da identificação dos atributos compartilhados entre os conceitos alvo e análogo. Este é um cuidado fundamental que deve ser tomado por professores e autores de livros.

Tabela 6. Classificação das analogias conforme a presença do mapeamento das similaridades e das limitações.

	Mapeamento das similaridades		Limitações		
	sim	não	reconhece	não reconhece	discute
Livro A	14	46	0	60	0
Livro B	17	7	4	20	4
Livro C	12	4	1	15	1
Livro D	11	10	1	20	1
Livro E	13	11	1	23	1
total	67	78	7	138	7

Sob esse ponto de vista, os livros analisados apresentam certo equilíbrio, pois em 67 casos (46,2% das analogias) há o mapeamento das similaridades entre alvo e análogo e em 78 (53,8%) casos não há. Porém, como pode ser visto na Tabela 6, dos 78 casos nos quais não são estabelecidas as correspondências entre os conceitos alvo e análogo, 46 deles estão presentes no Livro A o que corresponde a 76,7% das analogias encontradas nessa obra. Esses dados são preocupantes pelos motivos já citados.

Apresentação e discussão das limitações

Mais agrave ainda é a situação dos limites de uma analogia. Predomina em todos os livros, independente do nível de ensino, a quase ausência de discussões que abarquem as limitações das analogias (Francisco Junior, 2009). Na grande maioria das analogias encontradas não há reconhecimento dos limites e dos cuidados a serem tomados. Esse baixo índice de reconhecimento e de discussão das limitações pode, de acordo com Monteiro e Justi (2000), ser ancorado por três suposições: (i) os autores pensam que as limitações analógicas não são relevantes para serem incluídas nos livros; (ii) os autores presumem que os alunos não têm dificuldades em estabelecer as relações analógicas corretas; e (iii) os autores delegam aos professores a responsabilidade de estabelecer os limites das analogias. Em todos os casos, faz-se necessário o papel do professor em discutir as limitações e, como já apresentado, as correspondências das analogias presentes nos livros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das analogias como instrumento didático, assim como de outros, exige o planejamento e o reconhecimento das vantagens e das desvantagens no tocante à aprendizagem. Nesse sentido, o professor é um ator essencial e que tem sua responsabilidade aumentada, pois, na grande parte das analogias presentes em livros didáticos, seja qual for o nível de ensino, é impetrada ao professor a incumbência de discutir os atributos correspondentes e não correspondentes, bem como as limitações das analogias. Não há uma influência direta, ao menos no emprego das mesmas analogias, entre os livros de Química Geral analisados e entre os livros de Ensino Médio avaliados por Monteiro e Justi (2000) e Francisco Junior (2009). Também parece não haver diferenças significativas no tocante à importância dada a esse recurso por autores de livros didáticos de Ensino Médio ou pelos autores dos livros de Química Geral aqui analisados. São percebidas algumas diferenças em termos do tipo de relação analógica, do nível de enriquecimento e presença de analogias ilustrativas, o que pode ser decorrente dos assuntos abordados em um e outro nível de ensino; mas, em termos quantitativos a importância é de certa forma similar. Todavia, no que concerne aos aspectos mais preocupantes do uso desse recurso, os mesmos prevalecem nos livros de Química Geral avaliados. Da forma como são empregadas as analogias, muitas delas, para não dizer a maioria, poderiam ser suprimidas pelos autores sem perda nenhuma de compreensão do conceito em questão.

Por outro lado, parece haver uma tendência de uso mais assíduo desse recurso em livros produzidos mais recentemente. No caso das obras aprovadas pelo PNLEM 2007, todas escritas recentemente ou reformuladas, a frequência de analogias é bem superior em comparação aos livros de Química mais antigos (Francisco Junior, 2009). No tocante aos livros de Química Geral, não é possível assinalar tal fato com maior ênfase, uma vez que a maior parte das obras são textos clássicos. Dificilmente tais obras sofrem reformulações profundas. Ademais, a publicação de novos livros didáticos de Química Geral não possui proporção equivalente ao surgimento de livros didáticos de Química em nível médio, visto

o grande mercado existente nesse último caso. Todavia, o Livro A, cuja primeira edição é a mais recente entre as obras analisadas, e o Livro E que sofreu grande reformulação comparado às edições anteriores, apresentam uma quantidade de analogias superior aos demais. Curiosamente, os mesmos possuem qualidade gráfica superior e são os únicos coloridos. Coincidência ou não, esses são aspectos que merecem atenção em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- BOZELLI, F. K.; NARDI, R. O uso de analogias no ensino de Física em nível universitário: Interpretações sobre os discursos do professor e dos alunos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 3, p. 77-100, 2006.
- CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. The use of analogies in written text. **Instructional Science**, v. 13, p. 99-117, 1984.
- DAGHER, Z. R. Review of Studies on the Effectiveness of Instructional Analogies in Science Education. **Science Education**, v. 79, n. 3, p. 295-312, 1995.
- DUARTE, M. C. Analogias na educação em ciências: Contributos e desafios. **Investigações em ensino de ciências**, v. 10, n. 1, p. 7-29, 2005.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.
- FERRAZ, TERRAZZAN, E. A. O uso espontâneo de analogias por professores de biologia: Observações da prática pedagógica. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 1, p. 107-118, 2002.
- FRANCISCO JUNIOR, W. E. Analogias em livros didáticos de Química: o caso das obras aprovadas pelo PNLEM 2007. **Ciências & Cognição**, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.
- MONTEIRO, I. V.; JUSTI, R. Analogias em livros didáticos de Química destinados ao ensino médio. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000.
- OLIVA, J. M.; ARAGÓN, M. M.; MATEO, J.; BONAT, M. Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, v. 19, n. 3, p. 453-470, 2001.
- TERRAZZAN, E. A.; PIMENTEL, N. L.; SILVA, L. L.; BUSKE, R.; AMORIM, M. A. L. Estudo das analogias utilizadas em coleções didáticas de Física, Química e Biologia. **Enseñanza de las ciencias**, número extra, 2005.
- THIELE, R.; TREAGUST, D. An interpretative examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, n. 3, p. 227-242, 1994.
- TREAGUST, D. F.; DUIT, R.; JOSLIN, P.; LINDAUER, I. Science teachers use of analogies: Observations from classroom practice. **International Journal of Science Education**, v. 14, n. 4, p. 413-422, 1992.