
Artigo Científico

Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007

Analogies in chemistry textbooks: a study about the books approved by the National Plan of Textbooks for High School Students 2007

Wilmo Ernesto Francisco Junior✉

Departamento de Química, Universidade Federal de Rondônia (UNIR),
Porto Velho, Rondônia, Brasil

Resumo

As analogias estão inseridas em diversas situações do dia-a-dia e configuram-se numa tentativa de explicar algo para outra pessoa, ou até mesmo de entender uma nova idéia associada às informações já conhecidas. A utilização das analogias é comum em livros de Ciências, sobretudo devido à existência de inúmeros conceitos abstratos. Além disso, com as novas políticas públicas federais, a influência desse material deverá ser maior, pois está prevista a distribuição de livros aos alunos de escolas públicas. Considerando tais fatores, o presente artigo apresenta um estudo sobre as analogias encontradas nos livros de Química aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio – PNLEM 2007. Após a leitura integral das obras, identificou-se 154 analogias, as quais foram divididas conforme sistema de categorias adaptado de outros estudos. Também foram discutidos apontamentos sobre o uso 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 aprovados pelo PNLEM 2007 não favorece a aprendizagem. © Cien. Cogn. 2009; Vol. 14 (1): 121-143.

Palavras-chave: analogia; livro didático; PNLEM; química; educação.

Abstract

The analogies appear on diverse situations in daily lives and frequently configure an attempt to explain or understand the unknown by mean of the known. Analogies are commonly used by science textbooks, mainly to teach abstract concepts. Besides, with the new federal public policies, the influence of this material should be higher due its distribution to high school students. Taking this into account, this paper presents an analysis of the analogies presented by chemistry textbooks approved by Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio – PNLEM 2007 (National Plan of Textbooks for High School Students). After textbooks' reading, 154 analogies were identified. These analogies were classified according to proposes adapted from studies presents in the literature. This work also discusses appointments concerned to the adequate use of analogies in the 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. © Cien. Cogn. 2009; Vol. 14 (1): 121-143.

Keywords: analogies; textbooks; PNLEM; chemistry; education.

1. Introdução

É indubitável a importância e a utilização das analogias no decorrer do desenvolvimento humano, seja tanto na compreensão quanto na explicação de fatos e de fenômenos. 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 e, portanto, desconhecido, e o já conhecido e que servirá de referência. Ao mesmo tempo, 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 quais as apresentadas por Maxwell, Rutherford, Einstein dentre outros. Além disso, Clement (1998) aponta que os estudantes tendem ao uso de analogias frente a problemas pouco familiares.

Todavia, não só as Ciências Naturais, mas outras bases de pensamento sejam elas filosóficas, sociológicas, lingüísticas ou artísticas foram e ainda são fortemente influenciadas pelo raciocínio analógico. Por isso mesmo, é um tanto arriscado precisar o início da utilização das analogias pelos seres humanos. Para Curtis e Reigeluth (1984), a origem do pensamento analógico remonta, possivelmente, ao aparecimento da linguagem. Entretanto, torna-se quase impossível dissociar o pensamento humano do uso de raciocínios analógicos para a compreensão de algo. Gentner (1983) aponta para essa relação praticamente inata da inteligência humana, na qual as associações analógicas estão arraigadas desde muito cedo. O raciocínio analógico é um importante componente da cognição humana (Dagher, 1995). Nos primeiros meses de vida, já se pode constatar a capacidade dos bebês em associar ritmos a estímulos visuais. A comparação entre novos e antigos estímulos propicia ao ser humano uma quase imediata identificação de novas informações. A concatenação de uma nova experiência à outra já existente pode resultar efeitos tanto cognitivos quanto afetivos (Pádua, 2003).

No que se refere ao ensino de Ciências, trabalhos com interesses em analogias surgem nos anos 60 (Oliva *et al.*, 2001). Tal interesse se justificou tanto do ponto de vista psicológico bem como da educação científica. Segundo os mesmos autores, foi no início dos anos 80, porém, que a investigação do 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 e Terrazzan, 2002; Bozzeli e Nardi, 2006a, 2006b; Oliva *et al.*, 2007). 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 que impede a abstração necessária à formação do conhecimento científico.

Todavia, antes de prosseguir a discussão sobre os fatores que podem influenciar a aprendizagem quando do uso de analogias, é interessante delimitar o conceito de analogias aqui utilizado, visto a certa abrangência de significado que figura sobre o tema.

1.1. Demarcando o território das analogias

Como visto, há muito tempo as analogias vêm sendo utilizadas na construção de novas idéias devido a sua capacidade em trazer a tona figuras mentais que auxiliam a transferência de conhecimentos de um domínio conhecido para outro ainda desconhecido. Diversos autores utilizam diferentes denominações quanto aos 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 no alcance ao primeiro.

Outra questão relevante concerne à acepção do termo analogia. Embora as definições sejam parecidas, perduram ainda, controvérsias no tocante à abrangência do conceito *analogia*. Uma importante definição é a apresentada por Duit (1991), numa das primeiras e mais citadas revisões sobre o tema. Duit (1991: 651) considera a analogia uma “relação entre partes comuns das estruturas de dois domínios”, onde “compara explicitamente as estruturas de dois domínios”. Ainda para Duit (1991), a conexão entre o análogo e o alvo é mediada pelo o que o autor denomina modelo de analogia. Este estabelece a identidade estrutural (características similares) entre os conceitos análogo e alvo.

Similarmente, Harrison e Treagust (1993) definem a analogia como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, um conhecido e outro desconhecido. Em outro trabalho de revisão sobre o tema e de grande impacto na área de educação em Ciências, Dagher (1995: 295) argumenta que as analogias “referem-se a instâncias nas quais alguns domínios menos familiares se fazem compreensíveis pelo aparecimento de relações de similaridades com um domínio mais familiar”.

Todavia, ainda segundo Dagher¹ (1994) citado por Mol (1999: 4), as analogias configuram um “amplo significado de uma família de semelhanças, incluindo metáforas, modelos e comparações simples”. Nessa visão, o termo semelhança é muito amplo, abarcando conceitos como os de metáforas, modelos e comparações, os quais às vezes são utilizados como sinônimos de analogia, idéia não compartilhada por todos.

Embora não haja tanta dissonância quanto ao significado e a função que uma analogia adquire, a abrangência que diferentes autores atribuem ao termo é um ponto importante a ser analisado, pois o que é classificado como analogia por um determinado autor pode não ser por outro.

1.2. Buscando uma definição

Não obstante às abrangências descritas, se reconhece em todas as definições a idéia de comparação entre o conhecido e o desconhecido ou pouco conhecido. As analogias sempre envolvem o estabelecimento de comparações. Comparar para acentuar semelhanças, comparar para pensar sobre as semelhanças (pontos em comum), comparar para concluir a respeito do novo.

Como propõe Mol (1999), num estudo que visou distinguir conceitualmente tais idéias, entende-se que tanto o conceito de analogia, como o de modelo ou o de metáforas estão subordinados a idéia geral de comparação. De acordo com Mol (1999: 58): “Comparação é o ato de confrontar dois conceitos com o objetivo de elucidar um conceito em estudo (alvo) através de características semelhantes a outro conceito” (análogo). As comparações podem ser divididas ainda quanto às relações expressas entre os conceitos. Assim, pode haver dois tipos de comparações: as comparações implícitas e as explícitas. Comparações implícitas são aquelas nas quais “as relações entre os conceitos não são claras” (Mol, 1999: 58). Esta classe de comparações inclui as metáforas.

Duit (1991: 651) distingue bem o conceito de metáforas e analogias. De acordo com este autor “analogias e metáforas expressam comparações e realçam similaridades, mas elas fazem isso de formas diferentes”. Enquanto as analogias explicitam as características comuns entre os dois domínios, “uma metáfora compara implicitamente, realçando características ou qualidades que não coincidem nos dois domínios” (Duit, 1991: 651). Literalmente, uma metáfora é uma comparação falsa.

Por outro lado, as comparações explícitas diferem das implícitas por apresentarem relações bem mais evidenciadas entre os conceitos comparados. Ao se dizer que a Terra é como uma bola percebe-se que a relação entre os conceitos é a forma geométrica. Isto é, ambas possuem formato esférico. Conseqüentemente, as comparações explícitas “são um tipo de comparação em que as relações entre os conceitos são anunciadas” (Mol, 1999: 63).

Segundo Mol (1999: 67) “analogias são comparações explícitas feitas entre conceitos através da descrição de suas similaridades”. E, indo mais além, a descrição dessas similaridades pode ser feita com base em imagens e modelos. Conseqüentemente, um modelo pode servir também como uma representação física de uma analogia (que é um tipo de comparação). Vale assinalar que os modelos são aqui tratados, simplifadamente, como representações cujas relações analógicas estão no cerne de seu desenvolvimento. Para maiores detalhes sobre as variáveis quanto ao conceito de modelo podem ser vistos os trabalhos de Krapas e colaboradores (1997), Galogovsky e Adúriz-Bravo (2001) e Justi (2006).

Dado que as analogias não engendram um fim em si mesmas, a comparação explícita estabelecida em uma analogia será compreendida no presente contexto, 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. Tal processo deve deflagrar não só a compreensão do conceito menos conhecido, mas também competências que permitam aplicar as idéias desenvolvidas em outras situações nas quais o conhecimento sempre evoluirá tornando-se mais completo. 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. Esta concepção aproxima-se do que alguns autores vêm recentemente chamando de modelização analógica (Galagovsky e Adúriz-Bravo, 2001; Adúriz-Bravo *et al.*, 2005).

O que foi descrito acima sublinhou 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 integrantes 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. Mas, 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.

1.3. Analogias como recurso didático: potencialidades e limitações

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, elas funcionam bem quando as semelhanças predominam, e tendem a falhar quando as diferenças começam a prevalecer. Nesse sentido, muitos trabalhos (Oliva *et al.*, 2001; Oliva, 2004; Duarte, 2005) mapearam 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) apresenta as seguintes vantagens quanto ao uso de analogias no ensino:

- Abrem outras perspectivas de ensino;
- Facilitam a compreensão e a interpretação de conceitos abstratos por similaridades com conceitos concretos;
- Podem motivar os estudantes;
- Podem 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:

- Atribuição por parte dos alunos de características do análogo que não são compartilhadas pelo conceito alvo;
- Transferência de concepções prévias sobre o conceito análogo para o conceito alvo;
- Compreensão equivocada do conceito alvo devido à sobreposição de similaridades superficiais em relação aos aspectos estruturais.

Clement (1993), estudando a utilização de analogias em situações de ensino e aprendizagem, verificou que nem sempre elas produzem o resultado esperado. Para o autor, uma dessas razões é porque as analogias compreendidas como óbvias pelo professor não são vistas da mesma forma pelos estudantes. Outros trabalhos também revelam resultados pouco efetivos no uso de analogias em sala de aula (Friedel *et al.*, 1990; Venville *et al.*, 1994; Farman, 1996).

Os resultados insatisfatórios podem ser engendrados pelo uso espontâneo, geralmente inadequado, das analogias. Thiele e Treagust (1994a) observaram 43 aulas de quatro professores de Química, reportando um total de 45 analogias. Ferraz e Terrazzan (2002), analisando aulas de Biologia, assinalaram a ocorrência de 108 analogias num total de 162 aulas. Ambos os estudos relatam que a maioria das analogias é empregada de forma espontânea, ou seja, não há uma sistematização no uso de tal recurso. Assim, ao invés de facilitar a aprendizagem podem levar os alunos a desenvolverem conceitos equivocados cientificamente, os quais podem criar obstáculos à aprendizagem. Ao mesmo tempo, existem trabalhos que acenam positivamente quando do emprego das analogias de forma sistematizada (Harrison e Treagust, 2000; Chiu e Lin, 2005; Harrison e De Jong, 2005; Francisco Junior, 2008).

Na suplantação dos desafios em relação ao uso das analogias, é primordial conhecer os aspectos positivos e negativos relacionados aos seus usos, bem como os critérios a serem sopesados na seleção de analogias adequadas. Isso se torna importante, uma vez que as analogias são recursos muito presentes em livros didáticos e, muitas vezes, situações potencialmente interessantes sob o ponto de vista de aprendizagem não são aproveitadas, tanto pelo desconhecimento do professor quanto pela má utilização por parte do autor do livro. Do mesmo modo, verificam-se nos livros analogias que podem acarretar problemas de aprendizagem e que, amiúde, não são percebidas como tais.

1.4. Analogias em livros didáticos

Sabe-se que os livros didáticos são importantes mecanismos de homogeneização de conceitos, conteúdos e abordagens de ensino e, em algumas ocasiões podem ser a única alternativa para a qual o professor recorre. Diante dessas tessituras, fomentadas também pelas novas políticas públicas para os livros didáticos, é importante conhecer como as analogias são tratadas em livros de Química. Com as novas políticas públicas federais destinadas ao Ensino Médio, sobretudo, o Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio (PNLEM), a influência desse material será ainda maior, uma vez que está prevista a distribuição de Livros Didáticos aos alunos de escolas públicas. Dessa forma, o presente trabalho apresenta uma discussão sobre as analogias presentes nas obras de Químicas aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio (PNLEM 2007).

Trabalhos que discutem analogias em livros didáticos (Newton, 2003; Cunha, 2006; Raviolo e Garritz, 2008) sublinham que na maioria dos casos elas contribuem muito pouco para uma aprendizagem efetiva. Ademais, não há recomendações quanto ao uso das analogias propostas nos textos, fato que contribui ainda mais para aplicações de forma espontânea. O leitor geralmente desconhece os fundamentos das analogias e pode não identificar as limitações. Por isso, é interessante que os autores tenham uma estratégia claramente definida (conselhos, orientações, guias etc) para apresentar as analogias por escrito, auxiliando os leitores (alunos e professores) a identificarem e a aplicarem a analogia adequadamente (Oliva *et al.*, 2001). Mas, infelizmente, são pouquíssimas as ocasiões nas quais isso ocorre.

Três estudos merecem destaque no tocante 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. Esse estudo analisou livros de química americanos e serve de referência por ter estabelecido importantes critérios de análise. Outros estudos de sobremaneira importante são os apresentados por Thiele e Treagust (1994b, 1995), cuja análise se deu em livros australianos. Esses autores fizeram modificações nas categorias propostas inicialmente por Curtis e Reigeluth (1984), o que possibilita análises mais aprofundadas.

Ao encontro dessa linha de investigação, porém analisando especificamente o periódico *Journal of Chemical Education*, vale citar a tese de doutorado de Gerson Mol (1999), na qual é conduzida a descrição e categorização de 191 analogias publicadas no referido periódico de 1932 a janeiro de 1999.

No que tange à análise das analogias em livros de Química para o ensino médio brasileiro, o trabalho de Monteiro e Justi (2000) é um dos pioneiros, sendo uma referência nacional e até mesmo internacional para o tema. Monteiro e Justi (2000) reportam a análise de 11 coleções didáticas, apresentando tanto aspectos quantitativos como qualitativos das analogias. Por tais motivos, esse trabalho será tomado como referência básica durante a discussão dos resultados.

2. Metodologia

O primeiro momento deste trabalho consistiu na leitura integral das obras aprovadas pelo PNLEM para a identificação das analogias presentes. Para facilitar a discussão, os livros receberam códigos de identificação, os quais são apresentados pela tabela 1.

Livro	Título	Autor(es)	Editadora	Ano	Edição
A	Química para o ensino médio	Eduardo Mortimer e Andréa Machado	Scipione	2005	1 ^a
B	Universo da Química	José Carlos Bianchi, Carlos H. Albrecht e Daltamir Justino Maia	FTD	2005	1 ^a
C	Química na abordagem do cotidiano	Francisco Miragaia Peruzzo e Eduardo Leite do Canto	Moderna	2003	3 ^a
D	Química e sociedade	Gerson Mol, Wildson Santos (coord.)	Nova Geração	2005	1 ^a
E	Química Total	Olímpio S. Nóbrega, Eduardo R. Silva e Ruth H. Silva	Ática	2007	1 ^a
F	Química	Ricardo Feltre	Moderna	2004	6 ^a

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

Foram identificadas como analogias partes contidas no texto que estivessem de acordo com a definição apresentada anteriormente (uma comparação 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 indicadoras da presença de analogia. Num segundo momento, as analogias identificadas foram classificadas de acordo com um sistema composto por dez categorias, apresentados abaixo:

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 feito pelo autor;
9. Presença de orientações pré -tópico;
10. Apresentação e discussão de limitações

Tal sistema de categorias, discutido a seguir, foi adaptado da proposta apresentada por Thiele e Treagust (1994b).

O primeiro item discute a distribuição das analogias em cada obra. Foi conduzida a quantificação das analogias em cada livro, calculada a frequência de analogias por capítulo e por obra analisada. Na segunda categoria foram estabelecidos os tópicos e conceitos químicos considerados como alvo na analogia. O terceiro critério analisou o tipo de relação analógica, ou seja, se o análogo e o alvo compartilham atributos estruturais, funcionais ou ambos. A relação é dita estrutural quando o análogo e o alvo “poderiam possuir a mesma aparência física geral ou ser similarmente construídos” (Curtis e Reigeluth, 1984: 103). Por outro lado, uma relação funcional é aquela em que “a função ou comportamento do análogo é atribuída ao alvo” (Thiele e Treagust, 1994b: 67). Uma relação estrutural/funcional é aquela que

“combina relações estruturais e funcionais” (Curtis e Reigeluth, 1984: 103). Foi considerada ainda uma quarta divisão (do tipo fórmula-funcionais), proposta por Mol (1999), na qual as analogias apresentam aspectos matemáticos em comum.

Na quarta categoria verificou-se a forma de apresentação da analogia no texto. A analogia foi considerada ilustrativo-verbal quando algum tipo ilustração, além do texto, representava o análogo. Analogias descritas unicamente pelo texto foram consideradas verbais. A categoria subsequente diferencia 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. O sexto critério de análise foi responsável em verificar a posição da analogia, isto é, se a analogia foi apresentada antes, após, durante o conceito alvo, ou ainda a margem do texto. Há alguns casos nos quais a analogia é apresentada no texto principal (antes, durante ou após o alvo) e ainda a margem.

A sétima categoria diz respeito ao nível de enriquecimento, isto é, a extensão das semelhanças apresentadas. Basicamente, existem três níveis de enriquecimento. Um primeiro no qual as analogias possuem uma pequena semelhança, portanto são ditas analogias simples; um segundo em que são compartilhados alguns atributos entre as analogias, neste caso denominadas analogias enriquecidas; e um terceiro nível no qual utiliza-se diferentes análogos ou análogos modificados para descrever o conceito alvo, classificada como analogia estendida. 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 e 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. Também foi verificado se o(s) autor(es) descreve(m) o conceito análogo como forma de familiarizar o leitor ao conceito. A nona categoria analisa a existência de explicações sobre a presença da analogia e/ou se os autores incluem alguma estratégia de identificação para indicar que o texto a seguir contém uma analogia. Expressões do tipo “fazendo uma analogia...”, “fazendo uma comparação...”, “assim como no exemplo...”, “analogamente...”, “como se fosse...” foram consideradas indicativas da presença de orientações pré-tópico.

A décima e última categoria verificou a apresentação de limitações da analogia ou alerta sobre a possibilidade de ocorrência de entendimentos não adequados, bem como a discussão de tais limitações. Para isso, houve uma divisão em sub-categorias: não reconhece limitações, reconhece limitações e discute as limitações. Embora em alguns casos os autores reconheçam as limitações das analogias, empregando expressões do tipo “guardadas as devidas proporções”, “fazendo uma comparação grosseira...”, as mesmas não são apresentadas e/ou discutidas.

3. Resultados e discussão

3.1. Quantidade e freqüências das analogias

A tabela 2 ilustra o total de analogias encontradas para cada obra analisada. É possível depreender que há uma distribuição de certa forma homogênea quanto à presença das analogias nos livros. Em relação à média de analogias por capítulo, esta fica entre 0,36 e 1,44. Exceto pelo livro E (que apresenta um valor inferior aos demais) e pelo livro F (volumes 1 e 2), a média de analogias por capítulo é similar. É possível incorrer também, que os livros C e F apresentam uma quantidade de analogias superior aos demais. Essas duas obras são responsáveis por 61,7 % (95 incidências) do total de analogias encontradas. O livro F, por exemplo, excetuando o volume três, possui uma média de analogias superior a duas por capítulo, a mais elevada de todas as obras analisadas.

Dois fatores explicam esse resultado. Primeiro, os livros C e F são os únicos divididos em três volumes e, portanto, possuem quantitativamente mais conteúdo do que as demais obras. O segundo fator parece ser a própria importância que os autores atribuem a esse recurso didático.

Livros	A	B	C				D	E	F			
			v. 1	v. 2	v. 3	Total			v. 1	v. 2	v. 3	Total
Quantidade de analogias	13	14	16	12	8	36	21	12	30	22	6	58
<i>Freqüência de analogias por capítulo</i>	0,81	0,94	1,07	1,09	0,73	0,96	0,81	0,36	2,14	2,20	0,35	1,41

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

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 (1994b) retratam médias de 13 e 9,3 analogias respectivamente, também para livros de Química. Terrazzan e colaboradores (2005), analisando quatro obras de Biologia, Física e Química encontraram 414, 71 e 64 incidências respectivamente. Excetuando os resultados obtidos para os livros de Biologia, todos os valores são significativamente inferiores aos apresentados aqui, cuja média é de 25,7 analogias por coleção, sendo o total de analogias igual a 154. No caso do estudo de Terrazzan e colaboradores (2005), a única obra em comum é o livro F. Todavia, trata-se de edições diferentes. Por sua vez, Monteiro e Justi (2000) não analisaram o livro F, responsável pela maior parte das analogias. Além disso, sete das onze obras analisadas por Monteiro e Justi (2000) apresentam quantidade de analogias inferior ou igual a sete, fato que justifica a média inferior obtida por esses autores. Apenas uma das coleções analisadas (livro C) é comum neste e no estudo de Monteiro e Justi (2000), porém, são edições diferentes da mesma obra.

3.2. Conteúdo do conceito alvo

A tabela 3 apresenta as analogias distribuídas de acordo com os conceitos químicos para os quais foram empregadas. A maior parte se refere à estrutura atômica (16,9%), seguida de cinética química e estequiometria. Resultados similares são apresentados por Monteiro e

Justi (2000). Possivelmente, isso está associado ao hábito dos autores em empregar analogias clássicas para determinados conteúdos, tais quais o sistema solar para o átomo de Rutherford e o pudim de passas para o átomo de Thomson. Embora a natureza abstrata desses conceitos até justifique o uso dessas analogias, atualmente, o advento da tecnologia possibilita o uso de outros recursos os quais podem prover o entendimento dessas idéias sem a necessidade de apresentar analogias. Os próprios livros recorrem, por exemplo, às imagens representativas do átomo Rutherford. O recurso às imagens seria suficiente para engendrar as idéias necessárias a compreensão do modelo atômico de Rutherford e de Thomson, justificando a supressão da analogia com o sistema solar e com o pudim de passas. Entretanto, parece que o uso de analogias clássicas está a tal ponto disseminado, que os autores e, muitas vezes os professores, não prescindem de seu uso.

Tópicos	Livros						Total	%
	A	B	C	D	E	F		
Estrutura atômica	4	-	5	4	3	10	26	16,9
Cinética	1	1	4	2	2	8	18	11,7
Geometria e estrutura molecular	-	4	4	-	2	3	13	8,4
Estequiometria	1	1	3	3	-	4	12	7,8
Termoquímica	1	2	2	1	-	5	11	7,1
Substâncias: composição e propriedades	-	-	2	1	1	4	8	5,2
Quantidade de matéria	1	-	3	2	-	1	7	4,5
Elementos e propriedades periódicas	-	-	-	3	-	4	7	4,5
Equilíbrio	-	1	1	-	1	3	6	3,9
Eletroquímica	-	1	2	1	-	2	6	3,9
Gases	-	-	2	1	-	2	5	3,2
História e filosofia da ciência	-	-	1	1	3	-	5	3,2
Transformações químicas	1	-	-	1	-	3	5	3,2
Isomeria	1	1	1	-	-	1	4	2,6
Ligações químicas	1	-	2	-	-	1	4	2,6
Bioquímica	1	-	1	1	-	1	4	2,6
Propriedades coligativas	-	-	-	-	-	3	3	2,0
Polímeros	-	1	-	-	-	2	3	2,0
Cadeias carbônicas	1	1	-	-	-	1	3	2,0
Soluções	-	-	2	-	-	-	2	1,3
Radioatividade	-	1	1	-	-	-	2	1,3

Tabela 3 - Quantidade e frequência de analogias por tópico.

3.3. Relação analógica

Em termos da relação analógica, foram encontradas 76 analogias (49,4%) do tipo funcional, 55 (35,7%) estrutural e apenas 18 (11,7%) estrutural-funcional. Resultados semelhantes são apresentados por Monteiro e Justi (2000), que 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. Além de analogias funcionais, estruturais e estruturais-funcionais, foram encontradas 5 analogias (3,2%) do tipo fórmula-funcional. Tais analogias configuram-se por apresentarem aspectos matemáticos em comum, como a comparação que é feita pelo Livro F (v. 2, p. 30) entre a equação dos gases ideais e a equação da pressão osmótica.

Considerando as coleções separadamente, os livros A e E são os únicos a encerrarem mais analogias do tipo estrutural do que funcional. Em todas as demais obras prevalecem analogias do tipo funcional. A principal razão para isso é a natureza dos conceitos químicos para os quais são empregados analogias. Tópicos relacionados à estrutura atômica e geometria molecular, por exemplo, tendem a conter analogias do tipo estrutural.

	Tipo de Relação Analógica			Forma de Apresentação		Nível de Abstração		
	estrutural	funcional	estrutural-funcional	verbal	ilustrativa-verbal	concreta-abstrata	abstrata-abstrata	concreta-concreta
Livro A	7	4	2	6	7	10	3	0
Livro B	5	7	2	8	6	13	0	1
Livro C	12	18	2	18	18	24	7	5
Livro D	6	11	4	9	12	16	2	3
Livro E	7	3	2	8	4	11	0	1
Livro F	18	33	6	29	29	44	10	4
Total	55	76	18	78	76	118	22	14

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

Quanto mais atributos puderem ser estabelecidos entre a analogia e o alvo, maior a similaridade e menor, portanto, a possibilidade de transposição de idéias inválidas. Logo, 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, como é o caso da analogia chave-fechadura que será discutida posteriormente.

Um exemplo de analogia funcional e potencialmente poderosa é a analogia entre uma “guerra de mamonas” e o equilíbrio químico apresentada pelo livro E (p. 468) e reproduzida no quadro 1.

Tal analogia é potencialmente poderosa, uma vez que permite explicar vários fatores das reações químicas em equilíbrio (o caráter dinâmico, a igualdade das velocidades das reações direta e inversa, bem como a diferença de concentração entre reagentes e produtos). Isso, desde que sejam discutidos os atributos correspondentes e as limitações da analogia, fato que não ocorre por parte dos autores do livro, impelindo ao professor a função de fazer tais discussões. Porém, caso o professor não tenha formação que o possibilite empregar criticamente as analogias, esse recurso diminui sua potencialidade didática. Nesse caso, especificamente, a analogia poderia ser mais bem explorada, elevando seu potencial em termos de aprendizagem, caso fossem apresentadas algumas orientações.

3.4. Formato de apresentação

Das 126 analogias encontradas por Monteiro e Justi, 54% foram classificadas como ilustrativo-verbal, 44% como verbal e 2% como ilustrativa. Curtis e Reigeluth (1984) assinalam para 29% de analogias ilustrativo-verbais e 71% de analogias verbais, resultados similares aos que apresentaram Thiele e Treagust (1994b) (53% de analogias ilustrativo-verbais e 47% de analogias verbais). Conforme apresentado pela Tabela 4, nas obras aprovadas pelo PNLEM 2007 os resultados não diferem substancialmente das análises acima mencionadas. Verifica-se um equilíbrio muito grande entre analogias do tipo verbal (50,6%) e

ilustrativo-verbal (49,4%). Caso as coleções sejam comparadas, o equilíbrio de certa forma prevalece. Apenas os livros D e E apresentam respectivamente um predomínio de analogias ilustrativo-verbais (60 % contra 40 % de analogias verbais) e verbais (77,7% contra 33,3% de analogias ilustrativo-verbais).

A história do velho sábio

Em um bairro da periferia, vivia com seu avô um garoto chamado João. Na casa ao lado, moravam dois meninos que eram seus amigos favoritos. As casas eram separadas por uma cerca que, muitas vezes, era utilizada nas brincadeiras, como na “guerra de mamona”. O avô de João apreciava as brincadeiras, mas tanto ele quanto a mãe dos amigos de seu neto não gostavam de ver o quintal forrado de mamonas após as “terríveis batalhas”, o que causava alguns atritos com as crianças. Um belo dia, após uma tremenda guerra, o avô propôs um jogo.

— Vamos realizar um jogo diferente? Aposto que vocês três não são capazes de jogar todas as mamonas para o meu quintal de modo a não deixar nem uma delas do lado de vocês.

— Podemos juntar todas elas antes de começar a brincadeira? — perguntou um dos meninos.

— Sim! — respondeu o avô. — Quando tiverem terminado, é só avisar. Os três amigos juntaram todas as mamonas que estavam espalhadas no quintal vizinho e chamaram o avô.

— Já estamos prontos. Qual será o castigo para o time perdedor?

— Quem perder vai juntar todas as mamonas dos dois quintais e ensacar, não deixando nada espalhado, e deverá fazer isso em todas as outras “batalhas”.

Rapidamente os três amigos começaram a lançar as mamonas para o quintal em que estava o velho senhor, que não parecia muito preocupado com a quantidade de mamonas que caía em seu quintal, nem com a rapidez com que eram lançadas.

Calmamente, começou a devolver as mamonas e, passados alguns minutos, embora os amigos se esforçassem ao máximo, a velocidade com que lançavam as mamonas foi diminuindo, pois o seu número já era pequeno e estavam espalhadas por todo o quintal. Ao contrário, a velocidade com que o avô devolvia as mamonas aumentava cada vez mais, pois o número de mamonas do seu lado era muito grande, facilitando o seu trabalho. Após certo tempo, a velocidade com que os garotos lançavam as mamonas era a mesma com que o avô devolvia e, assim, o número de mamonas nos dois quintais não mais se alterou, pois, quando uma mamona caía de um dos lados da cerca, outra ia parar do outro lado.

A brincadeira se prolongou por mais alguns instantes até que os amigos perceberam que não conseguiriam deixar o seu quintal livre das mamonas e, assim, desistiram, perdendo a aposta.

Quadro 1 - Analogia entre uma brincadeira de “guerra de mamonas” e equilíbrio químico (livro E: 468).

Representações visuais são importantes na compreensão da analogia, pois fundamentam a formação dos modelos mentais a partir da percepção e da imaginação (Reiner; Gilbert, 2000; Justi, 2006). 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 idéias 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 a 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.

Ao passo que a iniciativa de apresentar ilustrações pode favorecer a aprendizagem, propiciando a maior apreensão do análogo, ela também pode causar sérios problemas. A maior evocação das imagens pode solidificar atributos que não se correspondem, mais do que

se a analogia fosse apenas verbal. Um exemplo é o caso da analogia chave-fechadura, apresentada na figura 1.

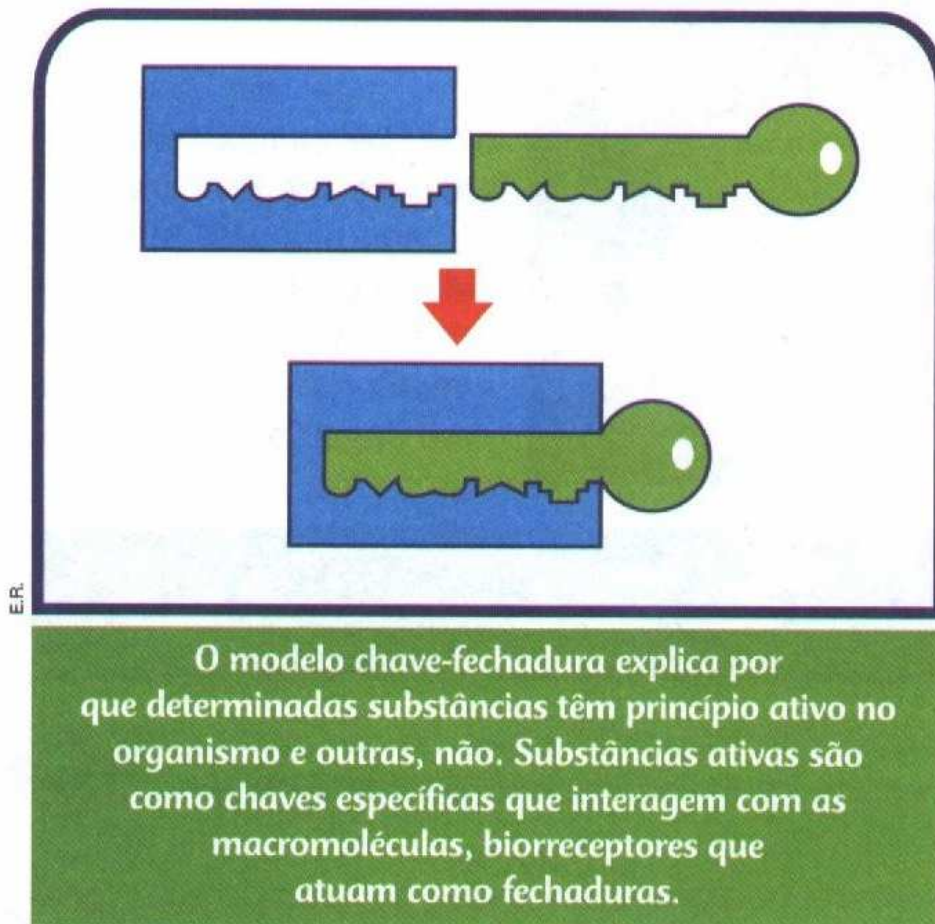


Figura 1 - Analogia chave-fechadura apresentada pelo livro D (p. 552).

Utilizando a mesma analogia, o livro C descreve que a enzima possui “um formato tal que permite à(s) substância(s) reagente(s), denominada(s) de substrato(s), se encaixar(em) perfeitamente nela, da mesma maneira como apenas uma chave com o formato certo encaixa em uma determinada fechadura e é capaz de abri-la” (livro C, p. 208, grifo nosso).

Essa analogia chave-fechadura é clássica em livros didáticos de Química, sobretudo os de nível médio (Francisco Junior, 2007). Devido a isso, livros de Bioquímica destinados ao ensino superior, como Nelson e Cox (2002), assinalam para o grave problema conceitual da analogia chave-fechadura. 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.

Diante de tais questões, Monteiro e Justi (2000) analisaram a presença de ilustrações quanto a sua necessidade ou não. Esses autores consideraram as ilustrações desnecessárias quando:

- (i) não eram empregadas como suporte para a discussão de idéias a elas relacionadas;
- (ii) não representavam o domínio análogo;
- (iii) não acrescentavam nenhuma informação nova ao texto.

Assumindo uma perspectiva problematizadora para as analogias (Francisco Junior, 2008), as ilustrações não são categorizadas como desnecessárias, uma vez que seu uso pode prover bons resultados, independentemente de sua adequação ao conceito em estudo. Exemplificando, após abordar o processo de catálise enzimática, o professor (ou o autor) pode apresentar a ilustração do mecanismo chave-fechadura com a seguinte questão: Por que a analogia chave-fechadura, sob o ponto de vista energético, não é adequada para explicar a catálise enzimática? Tal questão pode ser discutida em termos da tendência dos sistemas sempre se dirigirem para estados de menor energia, justamente o que aconteceria se a catálise enzimática fosse processada segundo essa analogia. Daí que o uso das analogias numa perspectiva problematizadora configura-se como uma nova forma de se pensar esse recurso (Francisco Junior, 2008).

Vale ressaltar, no entanto, que a categorização de Monteiro e Justi (2000) refere-se ao emprego dado pelos autores dos livros às ilustrações. Dessa forma, caso as mesmas sejam prejudiciais sob o ponto de vista didático, sua função como promotora da aprendizagem dentro da obra é totalmente questionável, por conseguinte, desnecessária segundo Monteiro e Justi (2000).

3.5. 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 idéias similares de um fenômeno ao outro.

Por isso, 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 ser levado em conta para a proposição de analogias nos livros didáticos. Verificou-se que a grande maioria (117 - 76,0 %) das analogias encontradas na obras analisadas é do tipo concreta-abstrata. 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 14,9% e 9,1% do total das analogias encontradas. Monteiro e Justi (2000) relatam que das 126 analogias encontradas, 93% foram classificadas como concreta-abstrata, 5% como abstrata-abstrata 2% como concreta-concreta.

Todavia, apenas o fato do conceito análogo ser concreto não o torna mais familiar ao estudante. O livro C (volume 2), por exemplo, apresenta uma analogia entre um restaurante tipo “bandejão” e reações não elementares.

“A velocidade da reação pode ser medida em mols por minuto e a do bandejão em pessoas por minuto. Suponha que cada um dos colocadores de alimento tenha habilidade para servir vinte pessoas por minuto. É óbvio que a fila do bandejão caminhará com velocidade vinte pessoas por minuto (...). Imagine, agora, que um dos colocadores seja mais lento que os demais e consiga servir apenas cinco pessoas por

minuto. A fila, nesse caso, andar­á com velocidade cinco pessoas por minuto, pois n­o adianta os outros colocadores serem potencialmente r­apidos se um deles “segura” toda a fila.” (livro C, v. 2: 193)

A analogia apresentada acima, embora categorizada como concreta-abstrata, possivelmente é pouco familiar à maioria dos estudantes de ensino médio, na medida em que poucos deles conhecem o funcionamento de um bandejão. Como transpor, ent­o, o conhecimento do an­logo para o alvo se o primeiro é desconhecido? Tais cuidados devem ser considerados pelo autor/professor ao empregar analogias desse tipo, pois, o estudante/leitor por si, dificilmente ser­a capaz de efetuar a transposiç­o an­logica.

Ao mesmo tempo, analogias do tipo abstratas-abstratas podem engendrar efeitos positivos, como no exemplo da equaç­o dos gases ideais e da equaç­o da press­o osmótica citado anteriormente. Caso o estudante tenha a compreens­o do conceito an­logo, no caso, o significado e a relaç­o entre cada um dos termos da equaç­o dos gases ideais, a compreens­o da equaç­o da press­o osmótica pode ser facilitada.

3.6. Posiç­o das analogias

Monteiro e Justi (2000) concordam com Curtis e Reigeluth (1984) quanto ao fato de que as analogias posicionadas antes ou durante a apresentaç­o do alvo podem ser mais eficazes. Nesses casos, as analogias permitem estabelecer comparaç­es mais diretas, pois, ao ser apresentado ao conceito alvo, o aluno pode, simultaneamente, estabelecer as relaç­es necess­rias (Monteiro e Justi, 2000). Por outro lado, h­a de se considerar que uma analogia pode ser empregada como forma de avaliaç­o do conhecimento dos alunos (Francisco Junior, 2008). Ap­s discutir um dado tema, o professor/autor pode apresentar uma analogia para que os estudantes façam as correspond­ncias entre an­logo e alvo. Quanto mais atributos similares e n­o similares os estudantes conseguirem identificar por si, maior foi a compreens­o sobre aquele determinado assunto (Francisco Junior, 2008). Essa é uma funç­o das analogias que n­o pode ser ignorada, mas que poucos autores de livros e poucos pesquisadores consideram. Por isso, como bem alertado por Monteiro e Justi (2000), a posiç­o das analogias depende dos objetivos de quem a prop­e, assim como da natureza dos conceitos alvo e an­logo. Dessa forma, uma analogia pode encerrar tanto a funç­o de facilitadora quanto de avaliadora da aprendizagem.

O que se observa pela tabela 5 é um predom­nio das analogias antes e durante a apresentaç­o do conceito alvo. Nesse caso, os autores parecem entender que a analogia funciona justamente despertando a atenç­o do estudante, para que as correspond­ncias sejam devidamente estabelecidas, como apontam Monteiro e Justi (2000) e Curtis e Reigeluth (1984). Por outro lado, analisando as obras separadamente, observa-se que n­o h­a uma concord­ncia sobre a posiç­o das analogias. O livro A, por exemplo, apresenta a maior parte das analogias durante o alvo, enquanto nos livros B e D predominam as analogias dispostas à margem. J­a os livros C e F tendem a apresentar as analogias antes do conceito alvo. Uma caracter­stica peculiar, sobretudo do livro D, é a apresentaç­o da analogia durante e a margem do texto did­tico, o que explica a somat­ria superior ao total de analogias. Isso funciona como uma esp­cie de reforço da id­ia apresentada. Assumindo que a aprendizagem é um processo gradual e incessante, essa estrat­gia é importante para o fortalecimento dos conceitos, uma vez que a aprendizagem é t­o mais efetiva quanto maior for o contato com o objeto de estudo.

	Posição				Nível de Enriquecimento		
	antes	durante	após	à margem	simples	enriquecida	estendida
Livro A	0	11	2	0	9	4	0
Livro B	3	4	1	6	8	4	2
Livro C	19	10	4	3	26	4	6
Livro D	7	9	2	10	10	9	2
Livro E	1	3	5	3	4	6	2
Livro F	25	17	12	4	28	22	8
Total	55	54	26	26	85	49	20

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

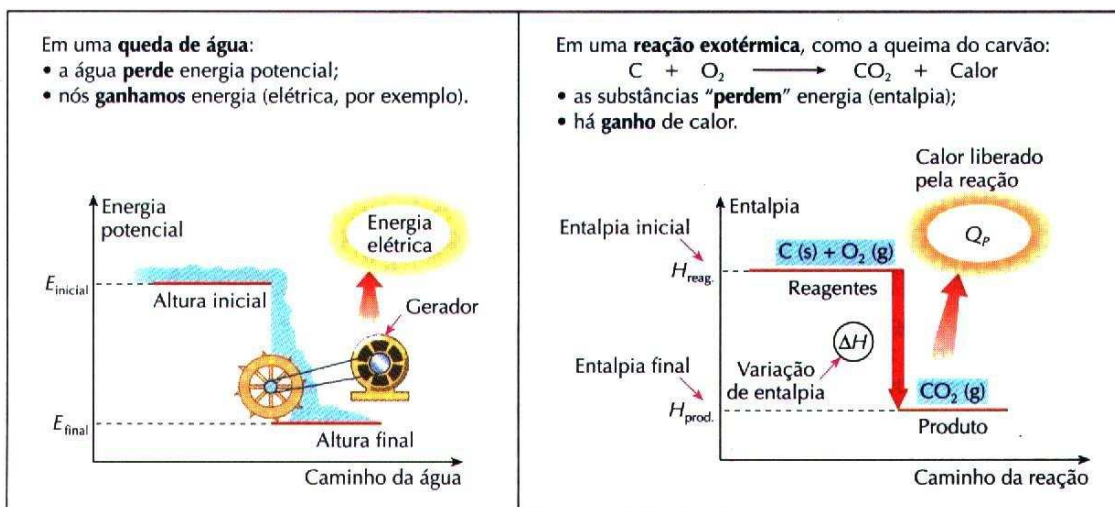
3.7. Nível de enriquecimento

Como pode ser visto na Tabela 5, a maioria das analogias (85 – 55,2%) foi classificada como simples. Analogias do tipo enriquecidas e estendidas correspondem a 49 (31,8%) e 20 (13,0%) incidências respectivamente. Analogias simples são mais propensas a ocasionar problemas de aprendizagem, visto que os estudantes podem encontrar dificuldades para identificá-las e conseqüentemente não a aceitarem. Isso ocorre devido à baixa similaridade e, conseqüentemente, às várias limitações que as analogias simples apresentam. Além disso, a não discussão da analogia impele ao professor e/ou estudante a responsabilizar 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 da aprendizagem, na transposição de comparações inválidas que por sua vez podem criar obstáculos de aprendizagem. Esse é o caso da analogia que compara a energia necessária para uma colisão efetiva com uma martelada para quebrar um copo (apresentada pelo livro E). A similaridade dessa analogia é demasiadamente superficial, uma vez que a única correspondência estabelecida é a necessidade de uma dada energia para que o processo ocorra. A orientação geométrica das colisões, por exemplo, não é abarcada por essa analogia. Isso pode conduzir ao leitor a idéia errônea de que qualquer colisão com energia suficiente resulta em formação de produtos. Ademais, uma séria limitação desconsiderada concerne ao próprio princípio de cada processo. A quebra de um copo de vidro é um processo essencialmente físico, diferentemente das reações químicas.

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. A figura 2 ilustra um caso de analogia enriquecida, na qual mais de um atributo é compartilhado entre análogo e alvo, ao mesmo tempo em que são mapeados e discutidos tais atributos. Esse cuidado auxilia a transposição analógica entre os conceitos. Dessa forma, uma analogia simples, na qual um único atributo é compartilhado entre alvo e análogo, pode promover a aprendizagem, desde que sejam tomados os devidos cuidados em relação à identificação e ao mapeamento das similaridades e das limitações entre o alvo e o análogo.

Quando mais de um atributo de um análogo é empregado na discussão de mais de um conceito alvo ou dois ou mais análogos são utilizados para ensinar um mesmo conceito alvo, a analogia pode ser classificada com 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.

Uma comparação oportuna pode ser feita entre as **energias liberadas nas quedas de água e nas reações exotérmicas**:



- no primeiro caso, a variação de energia da água é $\Delta E = E_{\text{final}} - E_{\text{inicial}} < 0$; note que o valor de ΔE é **negativo**, indicando que, na queda, a água **perde** energia potencial;
- analogamente, no segundo caso, temos $\Delta H = H_{\text{prod.}} - H_{\text{reag.}} < 0$; o valor **negativo** de ΔH indica que as substâncias **perdem** energia (entalpia) durante a reação — e é exatamente essa energia (isto é, o calor que é liberado) que nós vamos aproveitar.

Figura 2 - Analogia do tipo enriquecida apresentada pelo livro F (p. 103) para as energias liberadas por uma queda d'água e por uma reação exotérmica. São estabelecidas as correspondências entre o análogo e o alvo. Também é feita a orientação da presença da analogia.

Deve-se procurar evitar, também, o uso de analogias as quais o estudante disponha de concepções alternativas ou atitudes afetivas desfavoráveis referentes ao conceito análogo. Tal cuidado almeja evitar a transferência de concepções equivocadas ou a criação de obstáculos de aprendizagem. No livro D é apresentada uma analogia que compara detetives durante a investigação criminal com químicos durante a investigação das propriedades dos materiais. Por um lado, essa analogia compartilha questões como a busca por evidências que expliquem algum fato. Mas, por outro lado, dificilmente os estudantes conhecem as funções de um detetive criminalista e, muitas vezes, as idéias trazidas pelos estudantes estão infundidas pelo senso comum, devido aos filmes e seriados de televisão, nem sempre correspondentes às atividades reais de uma investigação criminal. Logo, tal analogia pode fomentar a transposição de concepções prévias não compartilhadas entre o análogo e o alvo.

3.8. Nível de mapeamento

Nessa categoria, procurou-se identificar em quais situações os autores descreveram o análogo, fizeram a correspondência dos atributos comparados, bem como discutiram tais correspondências. No caso da descrição do análogo, em 97 (63%) casos houve uma explicação de seu funcionamento/estrutura. Todavia, a descrição do análogo não garante que o leitor atribua as correspondências corretamente. Logo, é papel do autor abarcar essa discussão. Porém, das 154 analogias, esse cuidado foi tomado em 73 (47,4 %) ocasiões (tabela 6). Ainda assim, estabelecer a correspondência entre os itens comparados não garante sua compreensão. É preciso que o leitor/estudante entenda a razão pela qual os conceitos são

similares. Em outras palavras, é premente que os autores não somente façam as correspondências corretas, mas, acima de tudo, explicitem os fundamentos e motivos que levam dois conceitos a serem comparados. Todavia, tal preocupação foi observada somente em 24 % (37 casos) das analogias encontradas. Isto é, menos da metade das analogias têm as similaridades apresentadas e, menos de ¼ possui explicação dessas similaridades.

Esse é um equívoco muitas vezes cometido por professores e autores de livros, pois, analogias que parecem óbvias para eles podem não ser para os leitores e estudantes. O insucesso quando do emprego das analogias está, muitas vezes, associado a não compreensão do análogo. Por mais óbvia que uma analogia possa parecer, é desejável que esta não seja destituída do mapeamento de similaridades.

	Mapeamento das Similaridades		Orientações Pré-tópico		Limitações		
	sim	não	sim	não	reconhece	não reconhece	discute
Livro A	8	5	2	11	0	13	0
Livro B	5	9	1	13	1	13	1
Livro C	17	19	16	20	0	36	0
Livro D	14	7	6	15	5	16	2
Livro E	9	3	2	10	1	11	1
Livro F	20	38	14	44	3	55	0
Total	73	81	41	113	10	144	4

Tabela 6 - Classificação das analogias conforme a presença de mapeamento das similaridades, de orientações pré-tópicos e de limitações.

3.9. Orientações pré-tópico

A apresentação de orientações acerca da presença de uma analogia pode ser um indicativo ou alerta para o leitor dos cuidados a serem levados em consideração. Isso porque, em toda analogia deve-se ter em mente que há atributos correspondentes bem como atributos não correspondentes. De tal forma, caso o leitor esteja familiarizado com esse recurso didático, a orientação pré-tópico funciona como um alerta das vantagens e desvantagens da estratégia adotada naquele trecho da obra. Somente 26,6 % das analogias encontradas estão acompanhadas de algum tipo de identificação das mesmas.

Em relação a essa categoria, Monteiro e Justi (2000) e Curtis e Reigeluth (1984) fazem uma interpretação um pouco diferente daquela aqui apresentada. Esses autores também analisam nessa categoria, a descrição do análogo feita pelos autores. Nesse sentido, Monteiro e Justi (2000) relatam que 10% das analogias presentes nos livros continham uma explicação do análogo, 21% apresentavam somente a identificação da estratégia, enquanto 53% tanto descreviam o análogo quanto identificavam a estratégia. Por sua vez, 16% das analogias não explicavam o análogo e nem identificavam o uso da analogia. Curtis e Reigeluth (1984) classificaram apenas 4% das analogias como apresentando orientações pré-tópicos, enquanto 36% não apresentaram uma explicação do análogo e nem foram identificadas.

No caso do presente trabalho, há a compreensão de que não basta o autor descrever o análogo caso as similaridades não sejam apresentadas e discutidas. Indubitavelmente, descrever o conceito análogo pode contribuir para a familiarização do mesmo, porém, a descrição do conceito análogo não garante que o leitor o compreenda, caso não se discuta as similaridades e limitações. Dessa forma, preferiu-se integrar a descrição do análogo à categoria “nível de mapeamento”, como já apresentado

3.10. Limitações

Uma questão preocupante e que predomina em todos os livros é a quase ausência de discussões que abarquem as limitações das analogias, como reportam também outros estudos (Thiele e Treagust, 1994b; Monteiro e Justi, 2000). Na grande maioria dos casos, esse é um fator ignorado. Em apenas 10 analogias (6,50%) há reconhecimento das limitações e, destas 10 analogias, em apenas 4 casos (2,60%) ocorrem discussões sobre as limitações. Isso pode contribuir para a transposição de características inválidas do conceito análogo ao conceito alvo. O livro D, por exemplo, apresenta a comum analogia do átomo de Thomson com um panettone, na qual a parte maciça do modelo atômico de Thomson é comparada à massa e os elétrons são comparados às uvas passas do panettone. Por mais banal que possa parecer, insurge a questão: e as demais frutas cristalizadas do panettone? Seriam outras partículas de um átomo? Quando está ausente a devida problematização da analogia, aspectos óbvios podem atuar desfavoravelmente, visto que a maior parte dos estudantes, diferentemente do que parecem acreditar os autores, não identificam as correspondências entre análogo e alvo tão facilmente. Sendo assim, a discussão dos limites da analogia configura-se como uma etapa indispensável no uso desse recurso.

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;
- (iii) os autores impelem aos professores a responsabilidade de estabelecer os limites das analogias.

Em todos os casos o papel do professor em discutir as limitações e, como já apresentado, as correspondências das analogias presentes nos livros, faz-se necessário. Isso remonta a outra questão: os professores tiveram, em suas formações acadêmicas, tempo e espaço para estudarem o uso das analogias enquanto recurso didático? Como também discutido em outro momento, há diversos trabalhos que acenam para o uso indiscriminado de analogias espontâneas, geralmente inadequadas, em sala de aula. Esse parece ser um indicativo de que o tempo e o espaço destinado à discussão das analogias em cursos de formação de professores são praticamente ausentes e precisam ser pensados.

Um aspecto interessante são analogias cujos atributos não são correspondentes, como o decaimento radioativo e a combustão de uma vela, apresentada pelo livro B (figura 3). Isso parece incentivar os autores a identificar e discutir os aspectos não correspondentes entre os conceitos comparados. Percebe-se pela figura 3 que os autores apresentam os atributos inválidos, discutindo as razões dos mesmos não serem correspondentes.

4. Considerações finais

Muitos desafios precisam ainda ser suplantados no tocante ao uso das analogias enquanto instrumento de ensino. É fundamental que os professores reconheçam a importância das analogias tanto como promotoras quanto obstáculos da aprendizagem, dependendo, basicamente, de como são empregadas e de quais analogias são utilizadas. É imprescindível que tais discussões sejam conduzidas em cursos de formação inicial e de formação continuada de professores, caso contrário, as analogias continuarão a ser indiscriminadamente

empregadas em sala de aula. O uso desse recurso, 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 maior parte das analogias presentes nas obras aprovadas pelo PNLEM 2007, é impetrada ao professor a incumbência de discutir os atributos correspondentes e não correspondentes, bem como as limitações das analogias. Mesmo para os livros alternativos (A e D) ao “ensino tradicional”, sem sombra de dúvidas, mais adequados ao Ensino Médio brasileiro, os resultados apresentados indicam que o uso das analogias é, de certa forma, ingênuo.

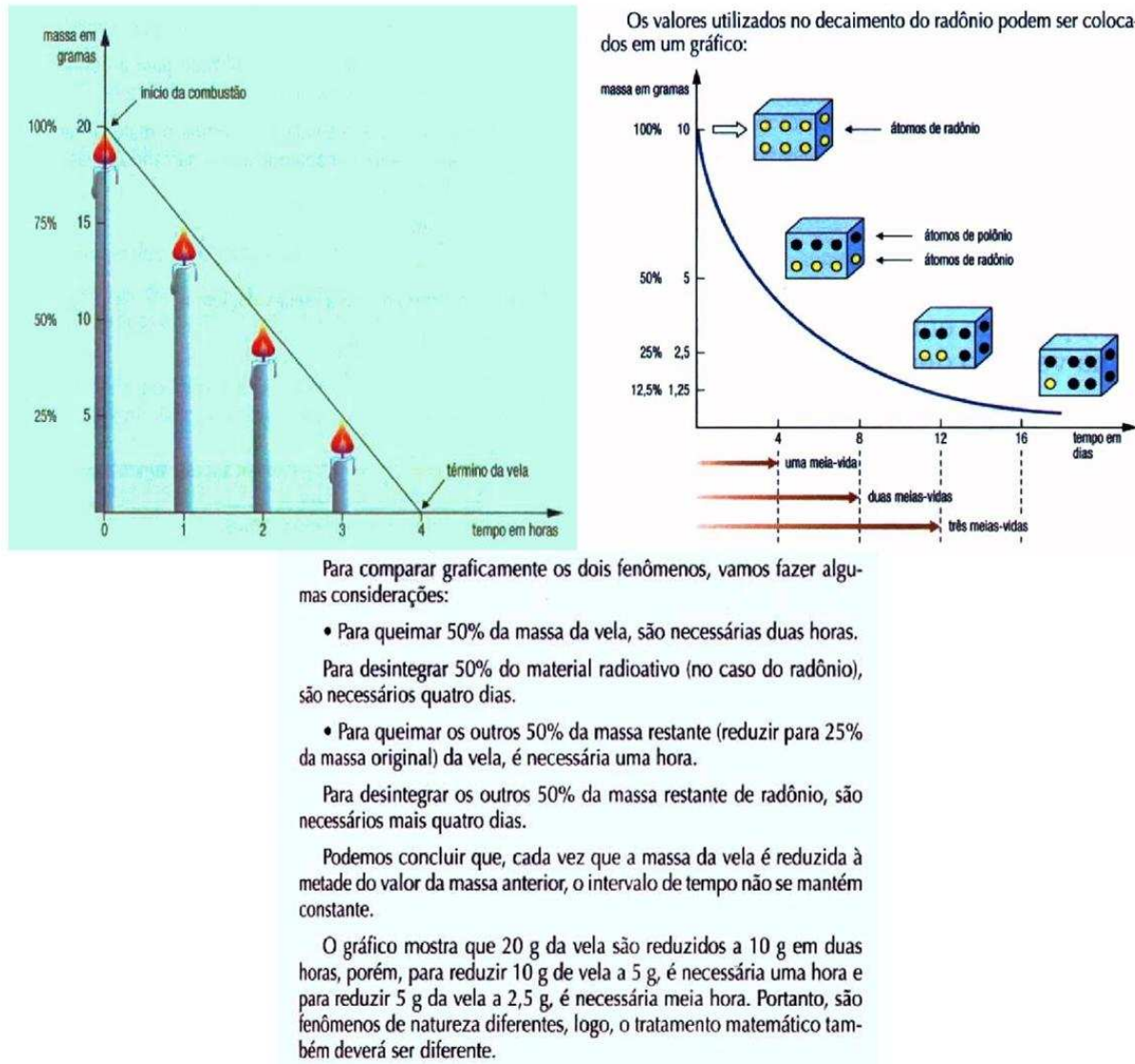


Figura 3 - Comparação entre a queima de uma vela e o decaimento radioativo, na qual são apresentadas as diferenças entre um e outro fenômeno (Livro B: 98-99).

Com o advento da tecnologia, o uso de muitas analogias, sobretudo algumas de caráter estrutural, não faz mais sentido. Como exemplo pode ser dado a analogia átomo de Rutherford-sistema solar, a qual é empregada para facilitar a imaginação, em termos da localização espacial, entre núcleo e elétrons, tendo sido utilizada pelo próprio Rutherford. Porém, atualmente, a representação imagética desse modelo atômico pode propiciar muito

bem a idéia de que os elétrons giram ao redor do núcleo, sem se recorrer ao aposto, “como os planetas ao redor do sol”. Até porque, para que tal analogia seja empregada adequadamente, haveria a necessidade de se discutir, por exemplo, as diferenças nos tipos de forças que regem o movimento de planetas e elétrons em torno do sol e do núcleo atômico respectivamente. Ainda assim, essa analogia pode ser verificada em quase todos os livros didáticos do ensino médio. Talvez, esse seja o momento de buscar a reestruturação dos livros didáticos de Química, visto que de acordo com o PNLEM 2007, as obras devem passar por avaliações para terem o aval de distribuição às escolas. No que concerne ao emprego das analogias, as análises dos livros didáticos poderiam ser mais rigorosas, haja vista que da forma com que são empregadas, muitas delas poderiam ser suprimidas pelos autores.

5. Referências bibliográficas


- Adúriz-Bravo, A.; Garófalo, J.; Greco, M.; Galagovsky, L. (2005). Modelo didático analógico. Marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias, número extra*, 1-6. Disponível em: http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/Simposios/04_Generar_resolver_sit/Aduriz_290A.pdf. Acesso em 29/07/2007.
- Bozzeli, F.K. e Nardi, R. (2006a). O discurso analógico no ensino superior de Física. Em: Nardi, R. e Almeida, M.J.P.M. (Eds.), *Analogias, Leituras e Modelos no Ensino da Ciência: A sala de aula em estudo* (pp. 11-28). São Paulo: Escrituras.
- Bozzeli, F.K. e Nardi, R. (2006b). 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*, 6 (3), 77-100.
- Chiu, M.H. e Lin, J.W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *J. Res. Sci. Teaching*, 42 (4), 29-464.
- Clement, J.J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *J. Res. Sci. Teaching*, 30 (10), 1241-1258.
- Clement, J.J. (1998). Expert novice similarities and instruction using analogies. *International J. Sci. Ed.*, 20 (10), 1271-1286.
- 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*, 2 (2), 1-15. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V6N2/v6n2a1.pdf>. Acesso em 18/04/2008.
- Curtis, R.V. e Reigeluth, C.M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Sci.* 13 (2), 99-117.
- Dagher, Z.R. (1995). Review of Studies on the Effectiveness of Instructional Analogies in Science Education. *Sci. Ed.*, 79 (3), 295-312.
- Duarte, M.C. (2005). Analogias na educação em ciências: Contributos e desafios. *Investigações em ensino de ciências*, 10 (1), 7-29.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Sci. Ed.*, 75 (6), 649-672.
- Farman, R. (1996). Student teachers' use of analogies in science instruction. *International J. Sci. Ed.*, 18 (7), 869-880.
- Ferraz, D. e Terrazzan, E.A. (2002). O uso espontâneo de analogias por professores de Biologia: Observações da prática pedagógica. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, 4 (2), 1-12. Disponível em: http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v4_n2/4212.pdf. Acesso em 06/11/2008.
- Francisco Junior, W.E. (2008). *Analogias, modelos e experimentação no ensino da deposição metálica espontânea: uma aproximação entre Paulo Freire e aulas de Química*. Dissertação

- de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.
- 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). Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewPDFInterstitial/135/128>. Acesso em 15/01/2009.
- Friedel, A.; Gabel, D.L. e Samuel, J. (1990). Using analogs for chemistry problem solving: Does it increase understanding? *School Science and Mathematics*, 90 (8), 674-682.
- Galagovsky, L.Y. e Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242, 2001.
- Gentner, D. (1983). Structure-Mapping: A theoretical framework for analogy. *Cogn. Sci.*, 7, 155-170.
- Harrison, A.G. e Treagust, D.F. (1993). Teaching with analogies: a case study in grade-10 optics. *J. Res. Sci. Teaching*, 30 (10), 1291-1307.
- Harrison, A.G. e Treagust, D.F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Sci. Ed.*, 84 (3), 352-381.
- Harrison, A.G. e De Jong, O. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. *J. Res. Sci. Teaching*, 42 (10), 1135-1159.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (2), 173-184.
- Krapas, S.; Queiroz, G.; Colinvaux, D.E. e Franco, C. (1997). Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2 (3), 185-205.
- Mol, G.S. (1999). *O uso de analogias no ensino de Química*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Monteiro, I.V. e Justi, R. (2000). Analogias em livros didáticos de Química destinados ao ensino médio. *Investigações em ensino de ciências*, 5 (2), 67-91.
- Nelson, D.L. e Cox, M.M. (2002). *Lehninger: princípios de bioquímica* (Simões, A.A; Lodi, W.R.N, Trad.). 3^a ed. São Paulo: Sarvier.
- Newton, L.D. (2003). The occurrence of analogies in school science books. *Instructional Sci.*, 31 (6), 353-375.
- Oliva, J.M. (2004). El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de Ciencias. *Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias*, 3 (3), 1-23. Disponível em: http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen3/Numero3/ART7_VOL3_N3.pdf. Acesso em: 18/10/2006.
- Oliva, J.M.; Aragón, M.M.; Mateo, J. e Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 453-470.
- Oliva, J.M.; Azcarate, P. e Navarrete, A. (2007). Teaching models in the use of analogies as a resource in the science classroom. *Intrl. J. Sci. Ed.*, 29 (1), 45-66.
- Pádua, I.C.A. (2003). Analogias, metáforas e a construção do conhecimento: por um processo de ensino-aprendizagem mais significativo. Em: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (Org.), *Anais, 26 Reunião Anual da ANPED*. Caxambu: ANPED. Disponível em: <http://www.anped.org.br/reunioes/26/trabalhos/isabelcamposaraujopadua.rtf>. Acesso em 06/02/2008,
- Raviolo, A. e Garriz, A. (2008). Analogias no ensino do equilíbrio químico. *Química Nova na Escola*, 27, 13-25.

- Reiner, M. e Gilbert, J. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science education. *Intrl. J. Sci. Ed.*, 22 (5), 489-506.
- Terrazzan, E.A.; Pimentel, N.L.; Silva, L.L. e Amorim, M.A.L. (2005) Estudo das analogias utilizadas em coleções didáticas de Biologia, Física e Química. *Enseñanza de las Ciencias, Número extra*, 1-6. Disponível em: http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/4_Procesos_comuni/4_2/Terrazzan_850.pdf. Acesso em: 15/08/2007.
- Thiele, R. e Treagust, D. (1994a). An interpretative examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. *J. Res. Sci. Teaching*, 31 (3), 227-242.
- Thiele, R. e Treagust, D. (1994b). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Sci.*, 22 (1), 61-74.
- Thiele, R. e Treagust, D. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *Intrl. J. Sci. Ed.*, 17 (6), 783-795.
- Treagust, D.F.; Duit, R.; Joslin, P. e Lindauer, I. (1992). Science teachers use of analogies: Observations from classroom practice. *Intrl. J. Sci. Ed.*, 14 (4), 413-422.
- Venville, G.J.; Bryer, L. e Treagust, D.F. (1994). Training students in the use of analogies to enhance understanding in science. *Aust. Sci. Teacher J.*, 40 (2), 60-64.

Nota

- (1) Dagher, Z. R. (1994). Características únicas das analogias utilizadas pelos professores de ciências. *Revista de Educação – Departamento de Educação da F. C. da Universidade de Lisboa*, 4 (1/2).

 - **W.E. Francisco Junior** é Bacharel/Licenciado em Química e Mestre em Biotecnologia (Instituto de Química da UNESP-Araraquara), Mestre em Educação, área de Metodologia de Ensino (UFSCar). Atualmente é Doutorando em Química (IQ-UNESP) e atua como Professor do Departamento de Química (UNIR). Endereço para correspondência: Departamento de Química, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus Porto Velho, BR 364, Km 9,5, Porto Velho, RO 78912-190. Telefone: +55-69-21822277. E-mail para correspondência: wilmojr@bol.com.br.