

ANALOGIAS EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA BRASILEIROS DESTINADOS AO ENSINO MÉDIO

(Analogies in high school Brazilian chemistry textbooks)

Ivone Garcia Monteiro

Escola Estadual Professor Moraes
Belo Horizonte, MG, Brasil

Rosária S. Justi [rjusti@dedalus.lcc.ufmg.br]

Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos 6627 Pampulha
31270-901 Belo Horizonte, MG, Brasil

Resumo

Neste artigo, apresentamos uma análise de analogias encontradas em livros didáticos brasileiros destinados ao ensino de Química no nível médio. A análise visa discutir em que extensão tais analogias podem ser consideradas bons modelos de ensino. A partir dos resultados encontrados, discutimos também alguns aspectos relativos ao papel do professor na utilização dessas analogias e apontamos novos direcionamentos para a pesquisa nesta área.

Palavras-chave: analogias, livros didáticos, Química no nível médio

Abstract

This paper presents and discusses an analysis of the analogies presented by Brazilian chemistry textbooks for the medium level. The main aim of the analysis is to discuss whether such analogies can be said good teaching models. From the results, some aspects concerning with teachers' role are discussed. Finally, some new research questions are emphasised.

Key-words: analogies, textbooks, chemistry textbooks

1. Introdução

1.1. Modelos e modelos de ensino

Modelos são as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da ciência. Através de modelos, os cientistas formulam questões acerca do mundo; descrevem, interpretam e explicam fenômenos; elaboram e testam hipóteses; e fazem previsões. O desenvolvimento do conhecimento científico relativo a qualquer fenômeno relaciona-se normalmente com a produção de uma série de modelos com diferentes abrangências e poder de predição. Estas são razões suficientes para justificar a centralidade do papel de modelos no ensino e na aprendizagem de ciências.

Um aspecto de suma importância para o entendimento dos modelos em ciência é a compreensão do significado de modelo. Um modelo deve ser entendido como uma representação – de um objeto, processo, evento, sistema ou idéia – que se origina de uma atividade mental. Sendo assim, pode-se dizer que um modelo existe inicialmente como um *modelo mental*. O resultado de uma atividade mental não pode ser acessado diretamente, mas pode ser expresso através de ações, fala, escrita ou outra forma simbólica. Assim, o que conhecemos de um modelo mental é o que chamamos de *modelo expresso*. No momento em que um modelo expresso é aceito por uma determinada comunidade de pessoas, ele se torna um *modelo consensual* (Gilbert and Boulter, 1995).

Modelos mentais, expressos e consensuais são ferramentas importantes no ensino e na aprendizagem de ciências. Enquanto tentam entender os conceitos científicos, ou solucionar algum problema a eles relacionados, os alunos elaboram modelos mentais sobre o fenômeno estudado que, em geral, divergem bastante dos conceitos científicos. Admitindo a necessidade de o ensino começar a partir do que o aluno sabe, os alunos devem ser conscientizados de seus modelos mentais. Assim, o professor deve dar oportunidade a seus alunos de expressar de alguma forma os modelos mentais que eles constroem durante o aprendizado e discutir com eles as idéias expressas em tais modelos. É importante também que o professor discuta as limitações não só em relação à forma de expressão de tais modelos, como também das idéias expressas nos mesmos. Dessa forma, os alunos estarão em melhores condições de entender como modelos são produzidos, utilizados e abandonados em ciência.

A natureza essencialmente abstrata dos modelos consensuais da ciência conduz a dificuldades no ensino e na aprendizagem dos mesmos. Em função dessas dificuldades emerge a importância do desenvolvimento de *modelos de ensino* com o propósito específico de ajudar os alunos a entenderem os modelos consensuais. De acordo com Justi (1997), um modelo de ensino é um objeto ou situação que é trazido para o contexto de ensino a fim de ajudar os alunos a ‘visualizarem’ o objeto ou a situação pretendida em suas mentes. Isso significa que um modelo de ensino pode, ou não, existir em uma forma concreta. A função de um modelo de ensino é fornecer suporte aos alunos a fim de que eles elaborem modelos mentais aceitáveis dos modelos consensuais. Sendo assim, um bom modelo de ensino deve apresentar os principais aspectos do modelo consensual ao qual ele se refere, deve ser desenvolvido a partir da consideração do conhecimento prévio dos alunos e das habilidades que eles possuem de lidar com entidades concretas e abstratas (Gilbert and Boulter, 1995; Justi, 1997). Dentre os modelos de ensino utilizados por professores e autores de livros-texto de Química, destacam-se as analogias.

1.2. Analogias

Na literatura, uma analogia é definida como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes (Duit, 1991). Entretanto, para que uma analogia seja um modelo de ensino útil, ela deve possuir um conteúdo que é familiar aos alunos e um outro que é desconhecido por eles (Reigeluth, 1983). Enquanto o aspecto familiar é chamado ‘domínio da analogia’, o aspecto desconhecido é chamado de ‘domínio do alvo’ (Curtis e Reigeluth, 1984). Além do domínio ser familiar, é necessário que o alvo seja suficientemente ‘difícil’ para que os alunos utilizem a analogia como estratégia cognitiva.

A função de uma analogia pode ser explicativa ou criativa. No primeiro caso, a analogia apresenta novos conceitos em termos mais familiares para o indivíduo. No segundo caso, ela “estimula a solução de problemas existentes, a identificação de novos problemas e a elaboração de novas hipóteses.” (Glynn et al, 1989, p. 383).

Segundo Glynn (1991), a qualidade de uma analogia depende da extensão em que ela atende suas finalidades. Se a finalidade de uma analogia é apenas explicar, os critérios sugeridos para seu julgamento seriam:

- “(1) o número de características comparadas;
- (2) a similaridade das características comparadas;
- (3) o significado conceitual das características comparadas.” (Glynn, 1991, p.226)

Isso significa que quanto maior o número de características comparadas entre o domínio da analogia e o domínio do alvo, maior será o poder explicativo da analogia. Entretanto, vale a pena ressaltar que uma “boa” analogia pode ser redigida baseada em poucas ou mesmo uma única

característica, desde que tais características atendam às finalidades de quem a propõe. Uma analogia é considerada ‘ruim’ se é difícil identificar e mapear as similaridades existentes entre o domínio da analogia e o domínio do alvo (Glynn, 1991).

Segundo Duit (1991), estudos sobre concepções alternativas dos alunos em relação aos conceitos científicos evidenciam que eles freqüentemente tentam compreender os fenômenos através do emprego de analogias em áreas que são familiares a eles. O resultado de tais estudos não são surpreendentes na medida em que o processo de relacionar conceitos através de analogias é uma parte básica do pensamento humano. No nosso cotidiano, utilizamos freqüentemente analogias para explicar ‘algo’ para alguém ao usar expressões do tipo ‘Parece com...’, ‘É como se fosse...’, ‘Imagine que...’. A literatura da área de Ciências contém várias referências sobre a importância das analogias para o desenvolvimento das teorias científicas. Um exemplo típico refere-se à proposição da estrutura do anel benzênico. Estes fatos fornecem suporte adicional para o uso de analogias como modelos de ensino e aprendizagem.

O perigo mais freqüentemente apontado na utilização de analogias é que os alunos podem levar a analogia longe demais e, conseqüentemente, estabelecerem relações analógicas incorretas. Isto não diminui o valor das analogias enquanto modelos de ensino, mas ressalta a necessidade de auxiliar os alunos a identificarem não só as similaridades como também as diferenças entre o domínio da analogia e o domínio do alvo.

1.3. Pesquisas sobre analogias em livros-texto de Química

Como destacado anteriormente, a natureza essencialmente abstrata da Química a torna uma área em potencial para o uso de analogias como modelos de ensino. Entretanto, existem poucos estudos relacionados ao uso de analogias em livros-texto de Química. Dois deles (Curtis e Reigeluth, 1984; Thiele e Treagust, 1994 e 1995), por sua significância no contexto das pesquisas contemporâneas em ensino de ciências, constituíram-se na referência para o desenvolvimento desta pesquisa.

Curtis e Reigeluth (1984) investigaram o uso de analogias em livros-texto de Ciências utilizados nos Estados Unidos. O objetivo era descrever sistematicamente as analogias presentes em tais livros. Eles analisaram as analogias presentes em 26 livros-texto de Ciência destinados desde ao nível elementar até ao nível de graduação. Desse total, apenas quatro eram livros de Química. As analogias foram organizadas em categorias e estas foram sintetizadas em um sistema de classificação. Após o desenvolvimento de tal sistema, eles analisaram novamente cada analogia a fim de confirmar as categorias e agrupar as analogias de acordo com tais categorias. Baseando-se nos resultados desse estudo, os autores sugeriram recomendações para a inclusão de analogias em livros-texto.

O segundo estudo (Thiele e Treagust, 1994 e 1995) investigou o uso de analogias somente em livros-texto de Química utilizados na Austrália. Os autores usaram o sistema de classificação proposto por Curtis e Reigeluth (1984) para classificar as analogias presentes naqueles livros. Entretanto, esses pesquisadores acrescentaram novos critérios ao sistema em questão para permitir que mais analogias fossem classificadas e para facilitar a discussão das questões de pesquisa relacionadas com especificidades da Química.

1.4. Considerações sobre esta pesquisa

Apesar de analogias serem modelos de ensino importantes no ensino de Química, existem poucos estudos que enfocam como elas são usadas por professores de Química ou como materiais

instrucionais que apresentam analogias, tais como livros-texto, são usados por professores e alunos. No Brasil, por exemplo, quando da realização deste trabalho não havia nenhum estudo publicado a respeito de como as analogias são usadas como modelos de ensino.

Embora as analogias sejam utilizadas por professores, autores e alunos, os contextos de uso são completamente distintos. Quando o professor usa uma analogia presente no livro-texto ou elaborada por ele mesmo, ele tem condições de avaliar em que medida os alunos a compreenderam. Caso perceba que eles não compreenderam corretamente a analogia, o professor pode esclarecê-la ou explicá-la de uma forma mais completa. É comum também o professor usar mais de uma analogia para explicar um determinado conceito químico em função da percepção que ele tem das dificuldades que os alunos apresentam durante a aprendizagem.

Se o professor não explica as analogias apresentadas no livro-texto e/ou se o aluno tem o livro-texto como único material de estudo, a única referência dos alunos é a descrição feita pelo autor. Diferentemente do professor, os autores não possuem nenhum mecanismo para avaliar a compreensão das analogias pelos alunos. Sendo assim, acreditamos que os autores devem antecipar qualquer dificuldade que os alunos possam ter em relação a elas e acrescentar os elementos necessários para saná-las. Decorrem daí a necessidade de os autores apresentarem analogias que sejam realmente bons modelos de ensino e a importância de estudos que analisem as analogias propostas em livros-texto.

A iniciativa de desenvolver este estudo partiu das considerações apresentadas nos parágrafos anteriores e da constatação da inexistência de uma pesquisa que analisasse a apresentação de analogias em livros-texto brasileiros destinados ao ensino de Química no nível médio. As questões de pesquisa que nortearam este estudo foram:

Qual a frequência de inclusão de analogias nos livros-texto de Química?

Há alguma relação entre o tópico de conteúdo e a frequência de inclusão de analogias?

Como os autores inserem e exploram as analogias nos livros-texto?

As analogias apresentadas nos livros-texto cumprem uma função explicativa ou criativa?

Em que medida as analogias apresentadas nos livros-texto são bons modelos de ensino?

2. O estudo realizado

2.1. Aspectos metodológicos

Para a realização desta pesquisa, foram escolhidas 11 coleções de livros-texto de Química, totalizando 28 volumes. Tal escolha baseou-se nos fatos de eles serem livros muito utilizados nas escolas e estarem disponíveis para análise. Dentre tais coleções, três delas são de livros alternativos, isto é, livros onde a organização de conteúdo e a metodologia de ensino proposta pelos autores são diferentes daquelas encontradas em livros tradicionais. Tais livros foram incluídos visando perceber se há alguma relação entre o fato de um material de ensino ser alternativo e aspectos como o modo como analogias são incluídas e a função que elas desempenham nos mesmos.

Ao longo deste trabalho, as coleções de livros analisadas serão chamadas de livros A, B, C, D, E, F, G, H, I, J e K, com o propósito de facilitar a leitura. Embora o termo ‘coleção’ seja usado aqui, é importante destacar que alguns dos volumes analisados não constituem uma coleção propriamente dita, ou não fazem parte de coleções completas. Isso porque o conteúdo de Química abordado no ensino médio é apresentado em volume único (Livro K) ou porque ele não é abordado integralmente pelos autores (Livros G e I). A relação dos livros analisados encontra-se no Anexo I.

A primeira etapa deste trabalho consistiu na identificação das analogias presentes nos livros-texto. Uma porção do texto foi considerada como analogia se estivesse de acordo com a definição citada anteriormente (isto é, uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes) e/ou se estivesse identificada no texto como sendo analogia.

Num segundo momento, as analogias encontradas foram analisadas de acordo com a estrutura de classificação de Thiele e Treagust (1994). Tal estrutura foi resumida por eles como:

- “1. O **conteúdo** do conceito alvo – qual aspecto químico está sendo considerado pelo conceito alvo;
2. a **localização** da analogia no livro-texto – em que ponto do currículo a analogia é apresentada;
3. a **relação de analogia** entre a analogia e o alvo – se a analogia e o alvo compartilham atributos estruturais ou funcionais;
4. o **formato da apresentação** – se a analogia é verbal ou ilustrativo-verbal;
5. a **condição** ou nível de abstração dos conceitos da analogia e do alvo – se eles estão em um nível cognitivo abstrato ou concreto;
6. a **posição** da analogia em relação ao alvo – se ela é apresentada antes, durante ou depois da apresentação do alvo, ou se ela é apresentada nas margens do livro-texto;
7. o **nível de enriquecimento** – em que extensão o mapeamento entre a analogia e o alvo é feito pelo autor;
8. a **orientação pré-tópico** – se existe evidência de adicionais **explicações da analogia** em relação ao domínio da analogia e/ou os autores incluem alguma **estratégia de identificação** para indicar que o texto a seguir contém uma analogia;
9. a discussão de qualquer **limitação** ou alerta para os alunos sobre a possibilidade de ocorrência de entendimentos não adequados.” (Thiele e Treagust, 1994, p.64, ênfases originais)

No terceiro critério, 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, p.103). Por outro lado, uma relação *funcional* é aquela em que “a função ou comportamento do análogo é atribuída ao alvo” (Thiele e Treagust, 1994, p. 67). Uma relação *estrutural/funcional* é aquela que “combina relações estruturais e funcionais” (Curtis e Reigeluth, 1984, p.103).

No quarto critério, a analogia foi considerada *ilustrativo-verbal* quando a ilustração e o texto representavam o análogo (Thiele e Treagust, 1984). Como em algumas situações a relação analógica estava ‘somente’ na ilustração, foi incluída nesta categoria uma outra sub-categoria denominada *ilustração*.

Em relação à condição do análogo e do alvo, ela foi classificada como *concreta/abstrata*, *abstrata/abstrata* ou *concreta/concreta*. No primeiro caso, a natureza do análogo era concreta e a do alvo era abstrata (Curtis e Reigeluth, 1984). Por outro lado, quando a natureza de ambos, análogo e alvo, era abstrata ou concreta, a condição da analogia foi considerada como *abstrata/abstrata* e *concreta/concreta*, respectivamente (Curtis e Reigeluth, 1984).

Com relação ao nível de enriquecimento, uma analogia foi dita *simples* quando o domínio da analogia era conectado ao domínio alvo através de expressões do tipo ‘é como’, ‘pode ser comparado a’, ‘é semelhante a’ (Curtis e Reigeluth, 1984). Por outro lado, uma analogia foi dita *enriquecida* quando algum dos atributos compartilhados eram explicitados (Curtis e Reigeluth, 1984).

Em relação à orientação pré-tópico, a presença de expressões do tipo ‘imagine que...’, ‘...é semelhante a...’, ‘...é como se fosse...’, ‘podemos comparar...’, ‘...é análogo a...’ foi considerada como caracterizando uma *identificação da estratégia*.

Com relação à categoria ‘limitação’, ela foi dividida em três sub-categorias a fim de permitir uma melhor diferenciação das analogias: *não reconhece existência*, *reconhece existência* e *discute as limitações*. Isto porque em algumas situações os autores reconheciam a existência de limitações, mas não as discutiam, enquanto em outras eles discutiam pelo menos uma delas.

Na última etapa desta pesquisa, após a classificação de todas as analogias encontradas nos livros analisados segundo os critérios acima descritos e comentados, procedeu-se à análise geral dos resultados encontrados visando discutir as questões de pesquisa originais e outros aspectos que emergiram durante a análise geral.

2.2. Resultados

2.2.1. Frequência de analogias por coleção

Um total de 126 analogias foram encontradas nas 11 coleções analisadas com uma média de 11,5 analogias por coleção (Tabela 1). Este resultado assemelha-se àqueles encontrados por Curtis e Reigeluth (1984) e Thiele e Treagust (1994) cujas médias encontradas foram 13 e 9,3, respectivamente.

Como evidenciado na Tabela 1, a frequência de inclusão de analogias variou amplamente. Enquanto os autores das coleções A, B, C e D, incluíram quinze ou mais analogias em seus livros, os outros incluíram menos de oito analogias. Sendo os livros G, H e I materiais de ensino alternativos, os resultados indicam que não há relação entre formas de apresentação do conteúdo alternativos e frequência de inclusão de analogias. Uma explicação para as diferenças encontradas pode ser, a nosso ver, a preferência dos autores pelo uso de analogias.

Considerando o número de analogias presentes em cada coleção em função do tópico químico ao qual elas se referem, a análise da Tabela 1 evidencia que os tópicos ‘estrutura atômica’, ‘cinética química’ e ‘ligações químicas’ são aqueles nos quais aparece o maior percentual de analogias (41%, 13% e 9%, respectivamente). Poder-se-ia justificar tal frequência em função da natureza abstrata dos conceitos tratados nesses tópicos e, conseqüentemente, da maior dificuldade de compreensão dos mesmos pelos alunos. Todavia, a maioria dos tópicos que apresentam menor percentual de analogias (soluções, geometria do carbono, cadeias carbônicas e estado coloidal) também possuem um alto grau de abstração. Isso sugere que a presença de analogias relaciona-se não só ao estilo dos autores, mas também a uma certa “tradição” do uso das mesmas em alguns tópicos.

Dentre as 126 analogias encontradas nos livros, algumas delas foram utilizadas por diferentes autores. A Tabela 2 contém a relação dessas analogias, os tópicos nos quais elas foram inseridas, assim como uma descrição sucinta das mesmas. Nesta Tabela as analogias estão identificadas pela letra correspondente ao livro em que aparecem e por um número de ordem.

No nosso ponto de vista, duas suposições podem ser feitas com relação à ocorrência de repetição de analogias. A primeira é que os autores devem pensar que essas analogias são realmente muito úteis para facilitar a compreensão dos conceitos alvos pelos alunos ? idéia que evidenciaremos não poder ser considerada como correta em todos os casos. A segunda é que os autores podem não conhecer e/ou não pretender elaborar outras analogias para ancorar a discussão dos conceitos em questão.

Tabela 1: Frequência de Analogias por Tópico e Livro.

Tópico	Livros											n	%
	A	B	C	D	E	F	G ⌘	H ⌘	I ⌘	J	K		
Estrutura atômica	12	8	7	6	5	4	4	1	4	-	1	52	41,3
Cinética	6	3	3	2	1	-	*	1	*	-	-	16	12,7
Ligações químicas	1	1	4	4	-	-	-	-	-	1	-	11	8,7
Cálculo estequiométrico	2	2	-	1	-	1	1	2	-	-	-	9	7,1
Isomeria	1	2	1	-	1	1	*	-	*	2	1	9	7,1
Gases	1	4	-	-	-	-	*	-	*	-	-	5	4,0
Bioquímica	4	-	1	-	-	-	*	-	*	-	-	5	4,0
Termoquímica	-	2	-	1	-	-	*	-	*	-	-	3	2,4
Eletroquímica	-	1	1	1	-	-	*	-	*	-	-	3	2,4
Equilíbrio químico	2	-	-	-	-	-	*	-	*	-	1	3	2,4
Polímeros	-	3	-	-	-	-	*	-	*	-	-	3	2,4
Radioatividade	-	-	2	-	-	-	*	-	*	-	-	2	1,5
Soluções	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,8
Geometria do carbono	-	1	-	-	-	-	*	-	*	-	-	1	0,8
Cadeias carbônicas	-	-	1	-	-	-	*	-	*	-	-	1	0,8
Processos industriais	-	-	-	-	-	-	*	1	*	-	-	1	0,8
Estado coloidal	-	-	1	-	-	-	*	-	*	-	-	1	0,8
Total	30	27	21	15	7	6	5	5	4	3	3	126	100

⌘ livros-texto alternativos *conteúdo não é abordado

Tabela 2: Analogias Repetidas

Tópico	Analogias	Descrição
Estrutura atômica	A1, A20, D2, E1, H5	Modelo de Thomson comparado com pudim com passas ou ameixas em um pudim ou com passas em um panetone.
	A22, B3, C4, E2, F1, G3	Modelo de Rutherford comparado com sistema solar.
	C3, D3, I1	Resultados experimentais de Geiger e Marsden comparados com resultados do lançamento de projéteis sobre uma tela.
	G4, I2	Proporção núcleo/átomo comparada com proporção pulga/campo de futebol.
	E3, F2	Propriedades das ondas eletromagnéticas comparadas com as das ondas na água.
	A24, B5, D5	Aumento (des)contínuo e diminuição (des)contínua de energia comparados com rampa e escada.
	B15, C8, C20, F4,	Comportamento do elétron comparado com o de um ímã.
	B14, F3, K1	Orbital comparado com a região em torno de uma colméia.
	A26, C1, C6, E5	Números quânticos, número atômico e número de massa comparados com endereço ou documentos de uma pessoa.
	B7 ¹	Determinação da massa atômica relativa comparada com determinação de altitudes de montanhas.
Cinética química	A12, C11, C13	Energia de ativação de uma reação com e/ou sem catalisador comparada com a energia requerida para subir e descer uma montanha.
	A11 ²	Colisões entre moléculas comparada com colisões entre bolas de bilhar.
Cálculo estequiométrico	D11, F5	Proporção entre reagentes comparada com proporção de peças para a montagem de diferentes objetos.
Isomeria	C19, K3	Isômeros comparados com palavras diferentes que possuem as mesmas letras.
	A27, B23, E7, F6, J2, J3	(As)simetria de objetos comparada com (as)simetria de moléculas.
Gases	B9 ²	Movimento das moléculas de um gás comparado com movimento de bolas de bilhar.
Bioquímica	A16, A30, C21	Mecanismo de ação das enzimas comparado com mecanismo chave-fechadura.
Termoquímica	B17 ¹	Determinação da entalpia das substâncias comparada com determinação de altitudes de montanhas.

^{1,2} Analogias repetidas em tópicos diferentes

2.2.2. Análise segundo os critérios propostos na literatura

Todas as analogias identificadas nos livros foram analisadas segundo os critérios propostos na literatura e discutidos anteriormente. Os resultados, em termos de número de analogias nos diversos níveis de cada critério são apresentados na Tabela 3. Exemplos adicionais em relação a cada critério discutido podem ser encontrados no trabalho que originou este artigo (Garcia, 2000).

2.2.2.1. Relação Analógica

Conforme apresentado na Tabela 3, a frequência de relações analógicas *funcionais* (73; 58%) e *estruturais* (48; 38%) foi bem superior a de *estruturais/funcionais* (5; 4%) nos livros pesquisados. Em termos percentuais, tais resultados divergem significativamente daqueles encontrados por Curtis e Reigeluth (1984), que encontraram 88% de relações analógicas *funcionais*, 10% *estruturais* e 2% *estruturais/funcionais*.

A maior frequência de relações analógicas funcionais pode ser justificada em função da natureza processual da maioria dos tópicos químicos nos quais se observa a presença de analogias. Ao procedermos à classificação da relação analógica, constatamos que os maiores percentuais de analogias funcionais por tópico são encontrados exatamente naqueles que se referem a processos: 'termoquímica', 'eletroquímica', 'radioatividade', 'cinética química' e 'equilíbrio químico'. Além disso, tópicos como 'soluções', 'geometria do carbono', 'estado coloidal', 'estrutura atômica' e 'polímeros' (que apresentam conceitos que, em sua grande maioria, necessitariam de analogias com relações *estruturais*) também tiveram uma alta frequência de relações *funcionais*. Isso pode ser explicado pela discussão mais detalhada de alguns conceitos de natureza processual.

Concordando com Curtis e Reigeluth (1984), analogias que compartilham tanto uma relação estrutural quanto funcional podem fornecer uma relação analógica muito poderosa, pois há mais atributos para serem comparados e poucas limitações entre a analogia e o alvo. A relação puramente estrutural pode ser considerada a mais fraca devido ao fato de os aspectos estruturais serem os únicos atributos compartilhados enquanto o número de diferenças pode ser grande. Isto não quer dizer que analogias estruturais não são bons modelos de ensino. O tipo de relação depende da natureza do alvo. Isto pode ser ilustrado, por exemplo, pela analogia B6. Nela, o autor compara as geometrias moleculares com balões cheios de gás agrupados diferentemente. A natureza desse alvo exige um domínio análogo que compartilhe atributos estruturais, apesar de muitos atributos não serem compartilhados.

2.2.2.2. Apresentação

De acordo com os dados da Tabela 3, das 126 analogias encontradas nos livros, 54% foram classificadas como *ilustrativo-verbal*, 44% como *verbal* e somente 2% como *ilustração*. Esses resultados divergem significativamente daqueles encontrados por Curtis e Reigeluth (1984) na pesquisa dos livros americanos (na qual foram encontradas 29% de analogias *ilustrativo-verbais* e 71% de analogias *verbais*) e coincidem com aqueles encontrados por Thiele e Treagust (1994) na pesquisa de livros australianos (53% e 47%, respectivamente).

Tabela 3: Frequência de Analogias segundo os Diversos Critérios Analisados (continuação).

livro	n	Nível de enriquecimento			Orientação pré-tópico				Limitações		
		simples	enriquecida	ampliada	explicação da analogia	identificação da estratégia	ambos	nenhum	não reconhece existência	reconhece existência	discute
A	30	13	12	5	3	5	15	7	30	-	-
B	27	9	8	10	4	5	16	2	26	-	1
C	21	12	8	1	1	8	8	4	21	-	-
D	15	5	7	3	1	2	9	3	14	1	-
E	7	1	4	2	1	1	5	-	7	-	-
F	6	3	1	2	1	2	2	1	6	-	-
G	5	2	2	1	-	2	2	1	4	1	-
H	5	1	3	1	-	1	3	1	4	-	1
I	4	-	2	2	-	-	4	-	4	-	-
J	3	-	1	2	-	-	2	1	3	-	-
K	3	1	1	1	1	1	1	-	3	-	-
Total	126	47	49	30	12	27	67	20	122	2	2

Tabela 3: Frequência de Analogias segundo os Diversos Critérios Analisados (continuação).

livro	n	Nível de enriquecimento			Orientação pré-tópico				Limitações		
		simples	enriquecida	ampliada	explicação da analogia	identificação da estratégia	ambos	nenhum	não reconhece existência	reconhece existência	discute
A	30	13	12	5	3	5	15	7	30	-	-
B	27	9	8	10	4	5	16	2	26	-	1
C	21	12	8	1	1	8	8	4	21	-	-
D	15	5	7	3	1	2	9	3	14	1	-
E	7	1	4	2	1	1	5	-	7	-	-
F	6	3	1	2	1	2	2	1	6	-	-
G	5	2	2	1	-	2	2	1	4	1	-
H	5	1	3	1	-	1	3	1	4	-	1
I	4	-	2	2	-	-	4	-	4	-	-
J	3	-	1	2	-	-	2	1	3	-	-
K	3	1	1	1	1	1	1	-	3	-	-
Total	126	47	49	30	12	27	67	20	122	2	2

As analogias contribuem para a aprendizagem na medida em que elas evocam ‘imagens mentais’ sobre conceitos abstratos. Este poder de ‘visualização’ das analogias – importante para a aprendizagem dos conceitos – pode ser aumentado através do uso de uma ilustração do domínio análogo (Glynn et al.,1989; Thiele e Treagust, 1995). Talvez por isto, os autores tenham inserido muitas analogias *ilustrativo-verbais* em seus livros-texto. Eles podem ter pensado que, ao ilustrarem o domínio análogo estariam favorecendo a compreensão da analogia e dos conceitos alvos.

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

Um outro aspecto a ser ressaltado é a necessidade de uma ilustração para apoiar a analogia. Embora uma ilustração do domínio análogo contribua para aumentar o poder de ‘visualização’, a necessidade de tal ilustração está associada à natureza da analogia. Algumas analogias possuem um alto poder de visualização, o que dispensa o uso de uma ilustração para a sua compreensão.

A fim de verificar em que medida as ilustrações estão contribuindo para a compreensão das analogias e dos conceitos alvos, foi feita uma análise das mesmas. Tal análise permitiu concluir que muitas delas não contribuem para isso. Foram identificadas ilustrações desnecessárias, ilustrações que complicam a compreensão da analogia e ilustrações que induzem a erros conceituais.

As ilustrações foram consideradas desnecessárias quando: (i) os autores não as utilizaram como suporte para a discussão de idéias a elas relacionadas; (ii) elas não representavam o domínio análogo; e (iii) elas não acrescentavam nenhuma informação nova ao texto. De acordo com tais critérios, foram encontradas ilustrações desnecessárias em 34% das analogias nas quais existem ilustrações. Como exemplo, consideremos a ilustração da analogia A16, reproduzida na Figura 1.

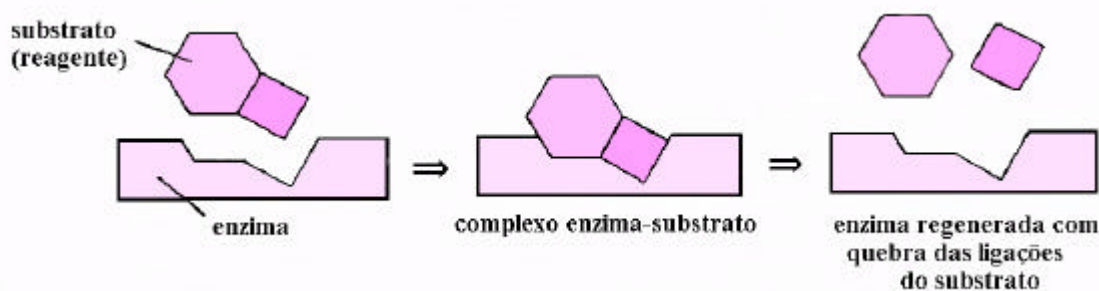
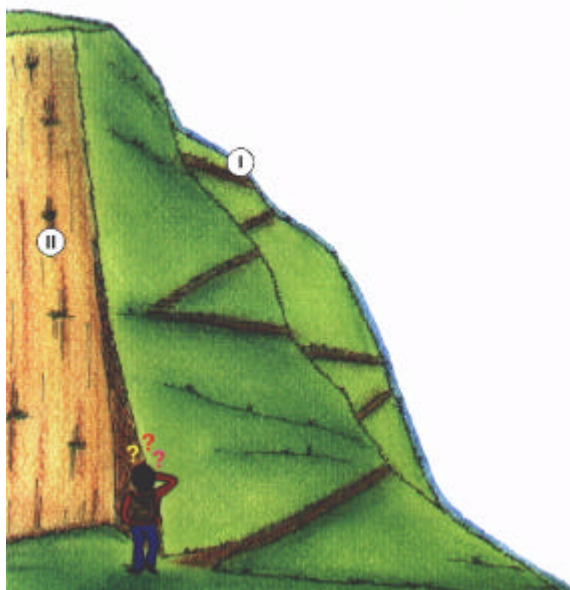


Figura 1. Ilustração encontrada no livro A, v. 2, p. 205.

Tal ilustração foi inserida com o objetivo de ajudar na compreensão do mecanismo de ação de enzimas que foi comparado no texto com o mecanismo de ação de uma chave em uma fechadura. Todavia, como a ilustração (que mostra apenas encaixes de diferentes figuras geométricas) não se refere ao domínio análogo, consideramos que ela não contribui para o entendimento da analogia sendo, portanto, desnecessária.

Nas analogias ilustrativo-verbais, 13% das ilustrações podem complicar a compreensão da analogia. Uma ilustração foi considerada como tal quando: (i) era incoerente com a descrição da analogia; (i) era incoerente com a descrição do alvo; ou (iii) apresentava relações analógicas incorretas. Como exemplo característico pode ser citada a ilustração da analogia D12 que, por não

ser coerente com a descrição do domínio alvo, complica a compreensão da analogia. Nesta analogia, a Lei de Hess é comparada com a escalada de uma montanha por dois caminhos diferentes. Em determinado ponto da descrição do domínio análogo, a analogia é apresentada e ilustrada como:



“Para chegar ao topo da montanha, vamos considerar dois caminhos possíveis: caminho I, que é a trilha já existente, e caminho II, que exige a escalada da montanha (portanto, deve-se vencer a altura verticalmente). O **caminho II, apesar de direto**, pode dar mais trabalho, pois requer, além de cordas e ganchos, habilidade do alpinista. Por outro lado, **o caminho I, apesar de não ser direto**, apresenta maior facilidade...”

(Livro D, v.2, p. 138, ênfases nossas).

Entretanto, quando descrevem o domínio alvo, utilizando um exemplo de uma reação química que pode se processar em mais de uma etapa, os autores afirmam que o caminho I (situação na qual a reação química se processa em uma única etapa) é o caminho direto. Sendo assim, pode-se deduzir que o caminho II (situação na qual a reação química se processa em duas etapas) é o caminho indireto. Em ambas as situações há uma incoerência com a descrição anterior, o que pode dificultar a compreensão da analogia pelos alunos.

Como ilustrações que induzem a erros conceituais foram classificadas 18% daquelas existentes nas analogias. Neste caso, apenas uma análise mais detalhada dessas ilustrações pode indicar quais seriam as implicações decorrentes das analogias utilizadas pelos autores para a aprendizagem dos alunos. A maioria das ilustrações assim classificadas foi encontrada nos tópicos 'estrutura atômica', 'ligações químicas' e 'equilíbrio químico'. Como exemplo, consideremos a ilustração da analogia D2, reproduzida na Figura 2.



Figura 2. Ilustração encontrada no Livro D, volume 1, página 67.

No texto da analogia D2, reproduzido abaixo, os próprios autores transferem atributos do análogo para o alvo ao se referir ao modelo de Thomson:

"Thomson sugeriu que a massa total do átomo seria devida quase que totalmente apenas às cargas positivas (prótons). Estas estariam espalhadas, uniformemente, por toda uma esfera, formando uma massa compacta e uniforme. **Na superfície dessa massa estariam aderidos os elétrons**, espaçados de modo uniforme. Esse modelo seria semelhante a um pudim **coberto** com passas, como acabou ficando conhecido, em que o pudim seria a massa de cargas positivas e as passas os elétrons."

(Livro D, v.1, p. 69, ênfases nossas)

Considerando que os atributos mais facilmente mapeáveis de um domínio análogo são aqueles mais evidentes, ao estabelecerem as relações analógicas, os alunos podem transferir o atributo principal do domínio em questão para o alvo e, conseqüentemente, podem pensar que os elétrons estão distribuídos da mesma forma que as passas em um pudim. De acordo com a nossa experiência cotidiana, passas se distribuem na superfície da massa do pudim e não por toda essa massa. Sendo assim, o domínio análogo utilizado pelos autores do livro não possui o principal atributo a ser compartilhado com o alvo, o que o torna inconveniente para explicar o modelo de Thomson. A transferência incorreta de atributos pelos alunos é compreensível na medida em que o conceito alvo é desconhecido por eles. O mesmo não pode ser dito em relação a autores de livros-texto.

2.2.2.3. Condição

Como apresentado na Tabela 3, das 126 analogias encontradas, 93% foram classificadas como *concreta/abstrata*, 5% mantinham uma relação *abstrata/abstrata* e nos 2% restantes a relação era *concreta/concreta*.

Considerando que a finalidade das analogias é fornecer uma ponte entre o familiar e o não familiar, este resultado não foi surpreendente. Entretanto, vale a pena ressaltar que uma relação *abstrata/abstrata* não significa uma analogia mais difícil de ser entendida do que uma *concreta/abstrata*. Um exemplo disso é a analogia C15, reproduzida a seguir.

"Vida-média:

Para compreendermos o significado dessa grandeza, vamos estabelecer uma analogia:

Você sabe que não é possível determinar a duração de vida de *um indivíduo*. Podemos, no entanto, calcular a duração média de vida de *uma população*. Assim, por exemplo, a partir de 1970 a duração média de vida no Brasil alcançou os 56 anos.

Analogamente, não é possível prever a duração de vida de *um determinado núcleo*, mas podemos conhecer um tempo *estatístico* de sua duração.

Se o elemento rádio tem vida-média de 2300 anos, você deve concluir que um núcleo de rádio, *estatisticamente*, levará 2300 anos para se desintegrar. Isso, porém, não exclui a possibilidade de ele se desintegrar antes ou depois desse tempo.

(Livro C, v.2, p. 310, ênfases originais)

Apesar de o domínio análogo ser abstrato, a analogia pode ser considerada como fácil de ser compreendida uma vez que vida-média de uma população é uma idéia com a qual alunos do ensino médio estão, geralmente, familiarizados. Considerando que o domínio análogo é familiar, as relações analógicas são fáceis de serem estabelecidas (Duit, 1991).

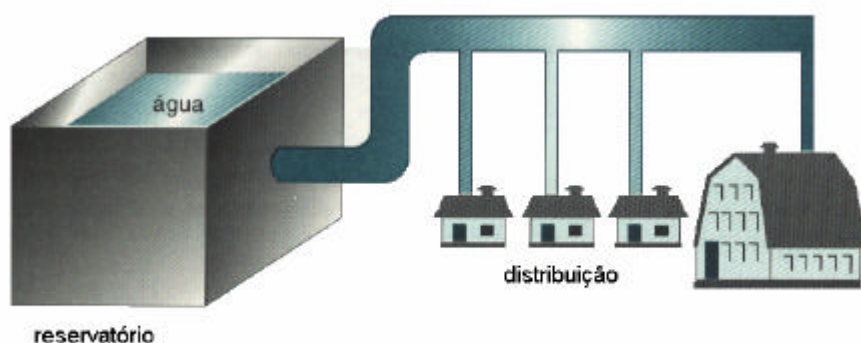
2.2.2.4. Posição

A Tabela 3 nos mostra que das 126 analogias encontradas, 22% foram apresentadas *antes*, 47% apareceram *durante* e 26% se posicionaram *depois* do alvo. Somente 5% das analogias foram apresentadas na posição *marginalizada*. Tais resultados divergem em sua grande maioria daqueles encontrados por Curtis e Reigeluth (1984) e Thiele e Treagust (1994). Os primeiros pesquisadores encontraram 44 e 2% de analogias posicionadas *antes* e *depois*, respectivamente; os segundos, 7 e 4%, respectivamente.

Concordamos com Curtis e Reigeluth (1984) quando eles afirmam que analogias posicionadas *antes* ou *durante* podem ser mais eficazes. Em ambos os casos, elas parecem permitir o estabelecimento de relações analógicas mais diretas uma vez que, ao ser apresentado ao domínio alvo, o aluno pode, simultaneamente, estabelecer as relações necessárias. Considerando apenas tal aspecto, podemos dizer que, por um lado, os autores foram relativamente bem sucedidos, pois 69% das analogias foram inseridas *antes* ou *durante*. Além disso, todos os autores utilizaram mais analogias *antes* e *durante* do que *depois* ou *marginalizadas*. Por outro lado, a frequência de analogias inseridas *depois* também foi significativa. Todavia, vale ressaltar que a posição de uma analogia depende muito da natureza do análogo, do alvo e dos objetivos de quem a propõe.

Ainda em relação à posição das analogias é preciso destacar que apresentar analogias no corpo do texto não é suficiente para que as mesmas possam contribuir para a compreensão do aspecto em questão. Por exemplo, a analogia E6 (reproduzida abaixo), inserida no tópico ‘cinética química’, compara a velocidade de reações não-elementares ao fluxo de água em uma instalação hidráulica.

“A etapa mais lenta determina a velocidade da reação global, da mesma forma que um tubo mais fino controla o fluxo de água num sistema hidráulico. Por mais grossas que sejam as tubulações antes ou depois do encanamento mais estreito, o fluxo de água será determinado pela vazão permitida por este.



Esta instalação hidráulica tem sua vazão determinada pelo cano de menor calibre.

(Livro E, v. 2, p. 195)

Consideramos que, se explorada adequadamente, tal analogia pode ser muito útil para a compreensão do alvo, pois apresenta importantes atributos para serem compartilhados. Todavia, o autor a insere na página 195 e no final do capítulo de ‘velocidade de reação’, enquanto o alvo é discutido extensivamente na página 193. Considerando que o livro apresenta muito poucas ilustrações, se comparado com outros, não nos pareceu que o autor tenha percebido o potencial da mesma para auxiliar na compreensão do alvo.

2.2.2.5. Nível de Enriquecimento

Analisando a Tabela 3, é possível constatar que das 126 analogias encontradas, 37% eram *simples*, 39% *enriquecidas* e 24% *ampliadas*. Tais resultados evidenciam diferenças e semelhanças em relação àqueles encontrados por Curtis e Reigeluth (1984) e Thiele e Treagust (1994). Os estudos de Curtis e Reigeluth revelaram 81% de analogias enriquecidas e nenhuma simples enquanto aqueles de Thiele e Treagust, 38 e 45%, respectivamente.

Dentre os autores que utilizaram mais analogias, dois deles incluíram muitas analogias simples (A, 43% ; C, 57%). Com exceção do autor F, a frequência de inclusão de analogias enriquecidas variou entre 30 e 60%.

As analogias simples requerem dos alunos identificar não só os atributos compartilhados como também os não compartilhados, o que pode ser uma tarefa difícil para alguns alunos, principalmente se as similaridades e diferenças não forem facilmente perceptíveis (Curtis e Reigeluth, 1984). Com base nisso, analogias simples podem ser consideradas modelos de ensino mais fracos. Entretanto, dependendo da natureza do alvo e dos objetivos almejados, uma analogia *simples* pode ser não só eficaz como também facilmente compreendida pelos alunos se os atributos do análogo envolverem os aspectos principais do alvo e se tais aspectos forem facilmente mapeáveis. Este é o caso, por exemplo, da analogia D13, reproduzida a seguir.

‘Será que existe alguma relação entre a energia de ativação e a velocidade de uma reação? Podemos considerar a energia de ativação como um obstáculo que precisa ser ultrapassado para que a reação ocorra. Quanto maior for a energia de ativação, maior será o obstáculo a ser vencido e menor será a velocidade da reação.’

(Livro D, v. 2, p. 152)

Apesar de os autores a apresentarem como o nível mais básico de enriquecimento, o domínio análogo possui um atributo importante para ser compartilhado com o alvo (o obstáculo a ser ultrapassado) que pode ser facilmente identificado pelos alunos.

A identificação dos atributos compartilhados pode ser favorecida na medida em que se fornece uma explicação do domínio análogo, o que caracteriza uma analogia *enriquecida*.

Um exemplo de analogia enriquecida é a B20, reproduzida a seguir. Os autores a inseriram no tópico ‘cinética química’ com o objetivo de ancorar a discussão da velocidade de uma reação não-elementar. Embora um restaurante do tipo ‘bandejão’ seja familiar para a maioria dos alunos, a explicação fornecida pelos autores também contribui para que os alunos focalizem a atenção nos atributos a serem compartilhados com o alvo.

“Podemos comparar uma reação não-elementar a um restaurante do tipo “bandejão”. 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 de vinte pessoas por minuto, uma vez que cada pessoa precisa passar por todos os colocadores até poder iniciar sua refeição. Imagine, agora, que um dos colocadores seja mais lento que os demais e consiga servir apenas cinco pessoas por minuto. A fila, neste caso, andarà com velocidade de cinco pessoas por minuto, pois não adianta outros colocadores serem potencialmente rápidos se um deles “segura” toda a fila. O bandejão caminha com velocidade igual à do colocador mais lento. Da mesma forma, numa reação composta de várias etapas (isto é, não elementar), a etapa mais

lenta controla a velocidade do processo todo, não adiantando que as demais etapas sejam potencialmente rápidas. Portanto:

Numa reação não elementar a velocidade da reação global é igual à velocidade da etapa mais lenta do mecanismo.”

(Livro B, v. 2, p. 264, ênfase original)

De acordo com Curtis e Reigeluth (1984), quando mais de um atributo de um análogo é utilizado para ensinar mais de um conceito alvo ou quando dois ou mais análogos são utilizados para ensinar um mesmo conceito alvo, a analogia possui o nível maior de enriquecimento. Isso caracteriza uma analogia *ampliada*.

A analogia I3 (reproduzida abaixo) é um exemplo característico de analogia ampliada. As autoras utilizam e explicam dois domínios análogos (queda de um objeto e distensão de uma mola) para auxiliar a compreensão do conceito alvo.

“Mas, o que ocorre quando um átomo é colocado em uma chama?

Quando objetos são atirados para cima, eles voltam e se chocam com a superfície. A energia anteriormente recebida, na forma de energia cinética, é devolvida como calor ou como trabalho, já que o objeto pode até causar alguma deformação na superfície onde cai.

Analogamente, quando uma mola é esticada, sua energia potencial aumenta. Ao voltar à sua posição inicial, a mola devolve ao meio a energia anteriormente recebida também nas formas de calor e/ou trabalho.

Analisando estes dois exemplos, e muitos outros que poderiam ser discutidos, podemos concluir que os corpos têm uma tendência a permanecerem com menor energia.

Nos átomos a situação não é diferente. Em cada um deles deve existir uma determinada situação que envolva uma quantidade mínima de energia. Esta situação é denominada ESTADO FUNDAMENTAL.”

(Livro I, p.149 – 150, ênfase original)

2.2.2.6. Orientação

Em relação a esse critério, a Tabela 3 nos informa que 10% das analogias presentes nos livros continham somente uma explicação do análogo, 21% apresentavam somente a identificação da estratégia, enquanto 53% continham tanto uma explicação do análogo quanto a identificação da estratégia. Somente 16% das analogias não explicavam o análogo e nem identificavam a estratégia.

Apenas 4% das analogias encontradas por Curtis e Reigeluth (1984) continham a identificação da estratégia, enquanto 36% não apresentavam uma explicação do análogo e nem foram identificadas como tal. Apesar dessas diferenças, a frequência de analogias que continham explicação do análogo foi aproximadamente igual (60%). Entretanto, o grau de explicação do análogo variou muito de uma analogia para outra.

Os autores de livros-texto poderiam reduzir o problema de pouca familiaridade com o análogo fornecendo explicações que enfatizem os atributos mais importantes do mesmo (Thiele e Treagust, 1994). Estas explicações ajudariam os alunos a estabelecer as relações analógicas corretas.

2.2.2.7. Limitações

A maioria dos autores não reconhece a existência de limitações. Das 126 analogias encontradas nos livros, em apenas duas (D6 e G4) os autores reconheceram a existência de

limitações. Todavia, os autores do livro D, por exemplo, apresentam a analogia no corpo do texto e inserem a indicação de limitação no rodapé da página. Ao inseri-la nessa posição, os próprios autores, a nosso ver, consideram desnecessário indicar a presença de limitações.

Em outras duas analogias pelo menos uma das limitações foi discutida. Consideremos, por exemplo, a analogia B9 (reproduzida parcialmente a seguir). Os autores elegem dois domínios análogos - pipocas e bolas de bilhar - para ancorar a discussão do movimento de agitação das moléculas de um gás e discutem uma limitação em relação a apenas um deles.

“O movimento de agitação das moléculas de um gás também pode ser comparado ao de bolas de bilhar. Como você pode notar, durante uma partida essas bolas:
andam em linha reta;
colidem umas com as outras;
colidem contra as laterais da mesa.

Contudo há uma diferença entre o movimento das moléculas de gás e o de bolas de bilhar. Depois de algum tempo, as bolas cessam seu movimento e as moléculas não. Se isso acontecesse, um pneu murcharia sozinho algum tempo depois de calibrado.”

(Livro B, v. 1, p. 368, ênfase nossa)

Acreditamos que os resultados encontrados em relação à não discussão de limitações são preocupantes na medida em que os alunos podem levar a analogia longe demais e, conseqüentemente, fazer uma transferência incorreta de atributos do análogo para o alvo (Thiele e Treagust, 1995). Para ilustrar nossa preocupação, consideremos a analogia E6. Ela é inserida no tópico ‘cinética química’ para ancorar a discussão da velocidade de reações não-elementares. Como citado anteriormente, tal analogia é potencialmente útil, pois apresenta atributos importantes para serem comparados. O autor compara a velocidade de reações não-elementares com a vazão de água em uma instalação hidráulica que possui canos de calibres diferentes, mas não discute as limitações da mesma. Em função disso, os alunos podem pensar que a etapa lenta de uma reação química pode ser eliminada da mesma forma que podemos eliminar o fluxo lento de água trocando um cano de menor calibre por um de maior calibre.

A baixa frequência não só de indicação como também de discussão das limitações fornece suporte para que três hipóteses sejam levantadas: (i) os autores podem pensar que limitações analógicas não são relevantes de serem incluídas nos livros; (ii) os autores podem estar presumindo que os alunos não têm dificuldade em estabelecer as relações analógicas corretas; e (iii) os autores podem estar deixando esta responsabilidade para os professores. Qualquer que seja o caso, a importância de o professor discutir as limitações das analogias apresentadas nos livros fica evidente.

3. Conclusões

A título de conclusões procederemos à discussão das três últimas questões de pesquisa (uma vez que as duas primeiras foram discutidas quando da apresentação dos resultados). Tal discussão não será apresentada por questão de pesquisa, mas sim em função de aspectos que, quando conjugados, constituem as respostas para as mesmas. Finalmente, explicitaremos também algumas reflexões acerca de novas questões possíveis de serem investigadas.

3.1. Nível de relevância das analogias apresentadas nos livros

Nesta pesquisa, procedeu-se a uma análise quantitativa das analogias, usando os critérios presentes na literatura, assim como uma discussão de algumas das analogias apresentadas nos livros de Química a título de exemplificação de aspectos relevantes da análise realizada. Um dos aspectos

analisados foi a qualidade e a necessidade das ilustrações que apoiavam as analogias. Como explicitado anteriormente, mais da metade das analogias foi apoiada por uma ilustração do domínio análogo. Era esperado que tais ilustrações contribuíssem para a compreensão das analogias e dos assuntos em discussão, mas foi constatado que a maioria delas (65%) não contribuiu para isso.

Dentre as ilustrações encontradas, 34% delas eram desnecessárias. A maioria das analogias apoiadas por tais ilustrações são facilmente visualizadas, o que dispensa o uso de um desenho representativo do domínio análogo para a sua compreensão. Acreditamos que o objetivo dos autores ao inserir tais ilustrações é tornar o livro mais ‘atrativo’ para os alunos. Apenas algumas poucas analogias apresentadas nos livros realmente necessitam de uma ilustração para que as relações analógicas sejam compreendidas pelos alunos. Entretanto, as ilustrações que as apoiavam não foram exploradas pelos autores no sentido de explicitar os atributos principais, ou não representavam o domínio da analogia.

Treze por cento (13%) das ilustrações podem complicar o entendimento da analogia devido à falta de coerência entre a descrição das analogias e dos conceitos químicos em discussão ou entre a descrição das analogias e as próprias ilustrações. Parece-nos que os autores não atribuem a devida importância à coerência interna de seus textos e às implicações da ausência dela na compreensão dos tópicos químicos pelos alunos.

Um percentual bastante significativo de ilustrações (18%) induzem a erros conceituais e/ou reforçam concepções alternativas que os alunos possuem em relação a diversos conceitos químicos antes mesmo de eles serem ensinados na Química. As analogias apoiadas por tais ilustrações podem trazer sérios problemas para a aprendizagem de Química na medida em que uma compreensão errônea de um determinado conceito pode induzir a erros conceituais não só em relação a conceitos previamente ensinados como também em relação àqueles que ainda serão ensinados.

Um segundo aspecto ressaltado é a necessidade de a analogia envolver um conteúdo que é familiar aos alunos a fim de que ela seja um modelo de ensino útil para eles. Todavia, foram encontradas três analogias que possuem conteúdos não familiares aos alunos – aspecto que pode dificultar a aprendizagem dos alunos ou levá-los a ignorar a analogia.

Um terceiro aspecto se refere às analogias posicionadas ‘depois’ da apresentação dos conceitos químicos. A frequência de tais analogias foi bastante significativa (26%). Enquanto a maioria delas foi inserida logo após a discussão dos conceitos alvos, algumas analogias foram encontradas duas ou mais páginas depois dos assuntos em discussão. Além disso, muitas delas não acrescentavam elementos novos à explicação que as precederam – aspecto que pode ser importante para que os alunos percebam a utilidade de tais analogias e as utilizem como ferramentas na aprendizagem.

Outros aspectos referem-se à conveniência das analogias, ao nível de enriquecimento e à discussão de limitações da analogia. A fim de contribuir para a aprendizagem dos conceitos químicos, uma analogia deve envolver os aspectos principais de tais conceitos. Tais aspectos devem ser fáceis de serem identificados e compreendidos pelos alunos. Dessa forma, uma explicação explicitando os aspectos principais é necessária para que ela seja um bom modelo de ensino. Entretanto, foram encontradas analogias que não envolvem os aspectos principais ou analogias em que a explicação fornecida é insuficiente para a identificação dos mesmos. Tão importante quanto a explicitação dos aspectos principais é a discussão das limitações da analogia a fim de evitar o estabelecimento de relações analógicas incorretas. Apesar disso, na grande maioria das analogias apresentadas nos livros nenhuma limitação foi discutida.

Em função dos aspectos comentados, parece que as analogias não estão contribuindo significativamente para a aprendizagem dos tópicos químicos, como seria desejado. Fica claro, também, que o fator mais importante não é simplesmente introduzir analogias nos livros, e sim usar analogias que sejam bons modelos de ensino.

3.2. Visão dos autores em relação a analogias

Em geral, os autores fizeram uso pouco expressivo de analogias. Isso parece evidenciar que eles desconhecem o potencial das analogias como modelos de ensino e aprendizagem de uma ciência tão abstrata como a Química. Apesar de alguns autores terem usado bem mais analogias que outros, muitas delas não são boas analogias pelos motivos mencionados anteriormente. Pode ser que os autores não conheçam boas analogias e/ou não pretendam elaborar analogias que sejam bons modelos de ensino.

Em muitas das analogias apresentadas nos livros, os autores não identificavam a estratégia e não forneciam uma explicação do domínio análogo. Além disso, na grande maioria das analogias nenhuma limitação foi discutida. Tais aspectos parecem indicar que os autores pensam que os alunos não possuem dificuldades em estabelecer relações analógicas e que as analogias são perfeitamente entendidas por eles. É possível também que os autores deixem a cargo do professor a discussão de tais aspectos das analogias.

A presença de analogias que induzem a erros conceituais e/ou reforçam concepções alternativas que os alunos possuem em relação a vários conceitos químicos evidencia que os autores desconhecem e/ou não atribuem a devida importância às dificuldades que os alunos apresentam durante a aprendizagem de Química e/ou às suas idéias prévias.

3.3. Participação dos alunos na elaboração de analogias

Com exceção de duas analogias (I3 e G2), que solicitavam a participação dos alunos em diferentes graus, todas as analogias encontradas possuíam uma função explicativa, isto é, apenas colocavam novos conceitos em termos mais familiares para os alunos. Isso significa que os autores forneciam as suas próprias interpretações das situações análogas. Dessa forma, os alunos não são incentivados a pensar e a elaborar suas próprias conclusões. A participação dos alunos na elaboração de uma analogia é um aspecto que deve ser levado em consideração ? tanto por autores quanto por professores ? quando eles usam analogias como modelos de ensino. Ao participarem da construção das analogias, os alunos exercitam a capacidade crítica e criativa, assim como a imaginação. Parece-nos que os autores menosprezam a capacidade crítica e criativa dos alunos para os quais eles escrevem seus textos, ao inserirem analogias somente com função explicativa.

3.4. Papel do professor ao trabalhar com analogias apresentadas nos livros

Diante da forma como as analogias são apresentadas nos livros, o professor deve fazer uma avaliação criteriosa das mesmas no sentido de identificar quais são os seus aspectos positivos e negativos. A partir dessa avaliação, o professor teria condições de julgar a conveniência das analogias para o ensino e a aprendizagem dos conceitos químicos.

Além disso, é importante que o professor discuta com seus alunos as analogias apresentadas nos livros. Durante a discussão, ele tem condições de avaliar em que medida os alunos compreendem os conceitos análogos e se eles estão estabelecendo as relações analógicas corretas. Caso perceba que a analogia não foi compreendida totalmente, o professor pode esclarecê-la através de explicações adicionais. A fim de evitar uma compreensão errônea dos conceitos alvos, é

essencial que o professor discuta com seus alunos a existência de limitações em todas as analogias, assim como as limitações específicas de cada uma das analogias presentes na situação de ensino.

A partir da interação constante com os alunos, e conhecendo as dificuldades que eles apresentam na aprendizagem dos conceitos químicos, o professor, principal agente na construção de modelos de ensino, pode construir as suas próprias analogias. Ele pode usar tais modelos de ensino de uma forma mais criativa, construindo analogias que dão suporte a situações em que os alunos resolvem e/ou elaboram problemas e constroem hipóteses. Dessa forma, as analogias poderão contribuir mais significativamente para a compreensão dos conceitos químicos pelos alunos.

3.5. *Novas questões de pesquisa*

Em relação ao uso de analogias em texto, os estudos de Curtis e Reigeluth (1984) levaram ao desenvolvimento de um sistema de categorias para classificação de analogias em livros de Ciências. Após acrescentar alguns critérios no sistema original, Thiele e Treagust (1994) investigaram as analogias presentes em livros de Química australianos. Apesar de o sistema de classificação de analogias ser bastante abrangente, a dificuldade encontrada para classificar muitas analogias evidencia a necessidade de outros estudos sobre o uso de analogias em livros de ciências. A partir de tais estudos, podem-se detalhar alguns critérios do sistema de categorias a fim de que analogias em texto possam ser melhor diferenciadas em relação a eles.

Com relação à influência das analogias na aprendizagem de ciências é importante ressaltar que, apesar de elas serem usadas freqüentemente por autores de livros-texto e professores, pouco é conhecido sobre para que tipo de aluno e sob quais condições elas são mais úteis nas diferentes situações de ensino. Em função disto, há uma necessidade de estudos que investiguem a influência das analogias na aprendizagem dos alunos.

A natureza essencialmente abstrata da Química associada ao nível de relevância das analogias encontradas nos livros-texto e aos problemas que muitas delas podem provocar na aprendizagem de Química evidenciam a necessidade de estudos que focalizem: (i) qual o papel das analogias na aprendizagem de determinados conceitos de Química; e (ii) como professores entendem e usam as analogias apresentadas nos livros-texto. Acreditamos que a análise feita neste trabalho pode ser um ponto de partida para novos estudos nessa área.

Referências

- CURTIS, R.V. and REIGELUTH, C.M. (1984). The Use of Analogies in Written Text. *Instructional Science*, 13, 99-117.
- DUIT, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- GARCIA, I.M. (2000). Analogias nos Livros Didáticos de Química. Monografia de Especialização. Belo Horizonte: CECIMIG.
- GILBERT, J.K. and BOULTER, C.J. (1995). Stretching models too far. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. San Francisco, 22-26 April.
- GLYNN, S.M. (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching-With-Analogies Model. In S.W. Glynn, R.H. Yeany and B.K. Britton (Eds.) *The Psychology of Learning Science*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 219-240.

- GLYNN, S.M., BRITTON, B.K., SEMRUD-CLIKEMAN, M. and MUTH, K.D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In J.A. Glover, R.R. Ronning and C.R. Reynolds (Eds.) *A handbook of creativity: Assessment, research and theory*. New York: Plenum, 383-398.
- JUSTI, R.S. (1997) Models in the Teaching of Chemical Kinetics. Unpublished PhD Thesis. Reading: The University of Reading.
- REIGELUTH, C.M. (1983). Instructional design: What is it and why is it?. In C.M. Reigeluth (Ed.). *Instructional Design Theories and Models: An Overview of their current status*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- THIELE, R.B. and TREAGUST, D.F. (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22, 61-74.
- THIELE, R.B. and TREAGUST, D.F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17(6), 783-785.

Anexo 1. Livros Didáticos Analisados

Código de Identificação	Referência
A	NOVAIS, V.L.D. (1993). <i>Química</i> , v. 1. São Paulo: Atual.
	NOVAIS, V.L.D. (1994). <i>Química</i> , v. 2. São Paulo: Atual.
	NOVAIS, V.L.D. (1993). <i>Química</i> , v. 3. São Paulo: Atual.
B	PERUZZO, T.M. e CANTO, E.L. (1993). <i>Química: na abordagem do cotidiano</i> , v. 1. São Paulo: Moderna.
	PERUZZO, T.M. e CANTO, E.L. (1993). <i>Química: na abordagem do cotidiano</i> , v. 2. São Paulo: Moderna.
	PERUZZO, T.M. e CANTO, E.L. (1993). <i>Química: na abordagem do cotidiano</i> , v. 3. São Paulo: Moderna.
C	SARDELLA, A. (1997). <i>Curso de Química - Química Geral</i> , 23a. ed.. São Paulo: Ática.
	SARDELLA, A. (1997). <i>Curso de Química - Físico-Química</i> , 17a. ed.. São Paulo: Ática.
	SARDELLA, A. (1997). <i>Curso de Química - Química Orgânica</i> , 16a. ed.. São Paulo: Ática.
D	HARTWIG, D.R., SOUZA, E. e MOTA, R.N. (1999). <i>Química: Química Geral e Inorgânica</i> . São Paulo: Scipione.
	HARTWIG, D.R., SOUZA, E. e MOTA, R.N. (1999). <i>Química: Físico-Química</i> . São Paulo: Scipione.
	HARTWIG, D.R., SOUZA, E. e MOTA, R.N. (1999). <i>Química: Química Orgânica</i> . São Paulo: Scipione.
E	NETTO, C.G. (1995). <i>Química: da teoria à realidade</i> , v. 1. São Paulo: Scipione.
	NETTO, C.G. (1995). <i>Química: da teoria à realidade</i> , v. 2. São Paulo: Scipione.
	NETTO, C.G. (1995). <i>Química: da teoria à realidade</i> , v. 3. São Paulo: Scipione.
F	USBERCO, J. e SALVADOR, E. (1995). <i>Química</i> , v. 1. São Paulo: Saraiva.
	USBERCO, J. e SALVADOR, E. (1995). <i>Química</i> , v. 2. São Paulo: Saraiva.
	USBERCO, J. e SALVADOR, E. (1995). <i>Química</i> , v. 3. São Paulo: Saraiva.

G	MORTIMER, E.F. e OLIVEIRA, P. (1997). <i>Introdução ao Estudo da Química: Propriedades dos Materiais, Reações Químicas e Teoria da Matéria</i> . Belo Horizonte: CECIMIG.
	MORTIMER, E.F., MACHADO, A.H. e Romanelli, L.I. (1999). <i>Química, Energia e Meio Ambiente</i> . Belo Horizonte: CECIMIG.
H	GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA (GEPEQ). (1994). <i>Interações e Transformações: Química para o 2º Grau</i> , 2a. ed. rev.. São Paulo: Ed. da USP.
	GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA (GEPEQ). (1995). <i>Interações e Transformações II: Reelaborando Conceitos sobre Transformações Químicas (Cinética e Equilíbrio)</i> . São Paulo: Ed. da USP.
	GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA (GEPEQ). (1998). <i>Interações e Transformações III: A Química e a Sobrevivência / Atmosfera - Fonte de Materiais</i> . São Paulo: Ed. da USP.
I	ROMANELLI, L.I. e JUSTI, R.S. (1998). <i>Aprendendo Química</i> . Ijuí, RS: Ed. da Unijuí.
J	COSTA, M.C. e SANTOS, G.O. (1995). <i>Química: a visão do presente</i> . v. 1. Belo Horizonte: Lê.
	COSTA, M.C. e SANTOS, G.O. (1995). <i>Química: a visão do presente</i> . v. 2. Belo Horizonte: Lê.
	COSTA, M.C. e SANTOS, G.O. (1995). <i>Química: a visão do presente</i> . v. 3. Belo Horizonte: Lê.
K	MACEDO, M.U. e CARVALHO, A. (1999). <i>Química</i> , volume único. São Paulo: IBEP.

Recebido em: 17.05.2000

Aceito em: 04.09.2000