



OS METAIS E A LIGAÇÃO METÁLICA NA DINÂMICA DOS LIVROS DIDÁTICOS

METALS AND THE METALLIC BOND IN TEXTBOOKS DYNAMIC

Dayse Carvalho da Silva¹

Ana Luiza de Quadros², Luiz Otávio Fagundes Amaral³

¹UFMG/ICEx/Departamento de Química, daysecsm@yahoo.com.br

²UFMG/ICEx/Departamento de Química, aquadros@qui.ufmg.br

³UFMG/ICEx/Departamento de Química, amaral@zeus.qui.ufmg.br

Resumo

Os Livros Didáticos são uma ferramenta importante no trabalho do professor, no que se refere a seleção e desenvolvimento do conteúdo. Algumas vezes acabam por padronizar o conhecimento desenvolvido em determinada disciplina. Neste trabalho analisamos o tema Metais e Ligação Metálica em alguns livros didáticos de ensino superior, usando cinco livros de Química Geral. A análise desses livros considerou: i) a relação de generalizações introduzidas no capítulo com fatos químicos, ii) a relação das generalizações com fatos químicos contextualizados e, iii) a presença de experimentações relacionando as generalizações com os fatos. Foi possível perceber que, apesar do grande uso dos metais, esse conteúdo ocupa um espaço restrito nos livros de Química Geral. Isso nos leva a argumentar que o professor deve analisar criticamente estes materiais e procurar ser o autor do seu programa de ensino enfatizando assuntos que tenham mais relevância pelo mercado tecnológico, como é o caso desse.

Palavras-chave: Ligação metálica, livro didático, ensino superior.

Abstract

Didactic textbooks are an important tool in teacher's work, to selection and development of the chemical content. Sometimes they standardizing the knowledge developed in one discipline. This work analyzed the presence of Metals and Metallic Bond in five higher education textbooks of General Chemistry. It was evaluated: i) the relationship of generalizations made in the chapter with chemical facts, ii) the relationship of generalizations with chemical contextualized facts, and iii) the presence of the experiments associating generalizations with facts. It was possible to perceive that this chemical content, despite the wide use of metals, occupies a small area in the books of General Chemistry. Thereby a critical analysis of books needs to be made by teachers. Furthermore, it is important that teachers construct their teaching program emphasizing chemical contents that have more relevance for the technologic word, such as Metals and Metallic Bond.

Keywords: Metallic bond, textbooks, higher education.

INTRODUÇÃO

Muitas pesquisas na área de educação indicam as dificuldades apresentadas por alunos e professores durante o processo de ensino-aprendizagem de química. Um número significativo dessas pesquisas avalia conteúdos presentes em livros didáticos. Neste trabalho dirigimos o olhar para os metais e a ligação química, mais especificamente a metálica, presente nos livros didáticos.

Consideramos esse um tema de relevância na medida em que diversos estudos apontam problemas em seu ensino (COLL e TREAGUST, 2003). A complexidade do estudo dos metais e da ligação metálica reside, em parte, na necessidade de abstração para a criação de modelos mentais, já que esse é um assunto que perpassa o nível sensorial.

Nossa experiência com o ensino superior, seja como professor ou como estudante, nos mostra a existência de muitas dificuldades na compreensão do modelo da ligação metálica bem como no seu relacionamento com as propriedades dos materiais metálicos. Algumas vezes o próprio curso de Química não explora a ligação metálica profundamente. Essa realidade motivou o desenvolvimento do presente trabalho (SILVA, 2005).

A Química é uma ciência que estuda os materiais, as suas propriedades, a constituição e as transformações que eles sofrem ou podem vir a sofrer pela ação da natureza ou ações humanas. A Ciência Química é relativamente recente, mas a humanidade começou a modificar os materiais naturais desde a Idade da Pedra. Nessa época, quando os homens procuravam pedras para fabricar seus utensílios, encontraram pedaços de metais. Materiais contendo Au, Ag e Cu chamavam a atenção pela beleza.

Provavelmente, o homem aprendeu a modificar os materiais metálicos antes do final do período Neolítico (5000-4000 a.C.). Com o desenvolvimento, a humanidade foi transformando os metais de forma cada vez mais sofisticada, o que permite sua aplicação nas mais diversas áreas do conhecimento, tais como informática, medicina, farmácia, engenharia.

Hoje atribuímos grande importância aos materiais metálicos, principalmente por sua ampla aplicabilidade. A indústria metalúrgica apresenta fundamental importância para o nosso país nos aspectos econômicos e sociais. O Brasil produziu, de janeiro a agosto de 2008, a quantia de 23.816.600 toneladas de aço (BRASIL, 2008). Esse fato comprova a importância dos materiais metálicos.

Pela ampla aplicabilidade dos materiais metálicos, a ciência dos metais se desenvolve gerando novos materiais e novas técnicas que alteram suas propriedades. Na atualidade, são produzidos, por exemplo, polímeros conjugados, ou seja, formados por cadeias contendo duplas ligações C=C conjugadas, que permitem a formação de um fluxo de elétrons. Esses “polímeros condutores são geralmente chamados de ‘metais sintéticos’ por possuírem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores” (FAEZ et al, 2000)

O estudo dos materiais metálicos – assim como os demais – exige um entendimento maior sobre a estrutura e constituição, o que inclui a interação estabelecida entre átomos, íons e moléculas. Isso permite interpretar e prever as

implicações dessas interações. Fica claro, então, a importância do estudo da Química e da estrutura da matéria.

Diversos modelos de ensino capazes de explicar comportamentos e tendências são utilizados para estudar essas estruturas complexas. Para os materiais metálicos dispõe-se de modelos que explicam propriedades como a condutividade elétrica e térmica, o brilho, a ductibilidade, entre outras. Há o modelo do mar (ou nuvem) de elétrons e o modelo das bandas de valência. A utilização dos mesmos está intimamente ligada ao nível escolar em que o estudante se encontra. Assim, um estudante do Ensino Médio estuda, normalmente, o primeiro modelo enquanto um aluno de curso superior estuda o segundo.

METAIS: O MODELO DO GÁS DE ELÉTRONS E O MODELO DE BANDAS

Quando alguém nos pergunta sobre objetos metálicos, somos capazes de citar inúmeros exemplos. Conseguimos distinguir objetos metálicos feitos de cobre, ouro, alumínio e latão, daqueles não metálicos como vidro e madeira. Utilizamos algumas propriedades (ver Quadro 1) como critérios para fazer essa distinção entre os materiais.

Quadro 1. Propriedades que podem distinguir metais de não-metais.

Metais	Não-Metais
Altas temperaturas de fusão	Baixas temperaturas de fusão
Boa condutividade elétrica	Baixa condutividade elétrica
Boa condutividade térmica	Baixa condutividade térmica
Opacidade	Transparência ou translucidez
Brilho metálico	Aparência fosca
Alta resistência à tração	Baixa resistência à tração
Maleabilidade e ductibilidade	Fragilidade (facilidade de quebra)

Fonte: BEREIT et al, 1964. p. 466. (adaptação)

Entretanto, na época dos primeiros contatos com os metais em nosso planeta, a humanidade não conhecia tais propriedades e não possuía outra forma de distinguir os materiais além de utilizar suas percepções sensoriais. O ouro e o cobre – primeiros metais nativos encontrados pelo homem – possuíam uma característica capaz de impressionar muito um de nossos sentidos: a visão. O brilho deve ter sido a primeira propriedade observada para os metais.

Hoje, se pensássemos nessa propriedade para distinguir metais de não metais, teríamos problemas para classificar materiais que, como o silício, possuem brilho metálico e não são classificados como metais. Outras propriedades foram identificadas, no decorrer da história, como critério para a distinção entre materiais metálicos e não metálicos. Mas, nem sempre essa classificação é simples. Há, por exemplo, alguns materiais que devem ser classificados como metais, por suas propriedades, da mesma forma que aqueles convencionalmente encontrados na tabela periódica. Além dos já citados polímeros condutores, temos alguns óxidos de metais de transição, por exemplo, NaWO_3 e ReO_3 (Figura 1). Eles apresentam altas condutividades elétricas, com valores

bem próximos ao do cobre e exibem grande brilho metálico. Outro exemplo desse tipo de material é a cerâmica ($\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+\delta}$) que possui alta condutividade elétrica a uma temperatura de 77K ou -196°C (temperatura do nitrogênio líquido), chegando a se tornar supercondutora.

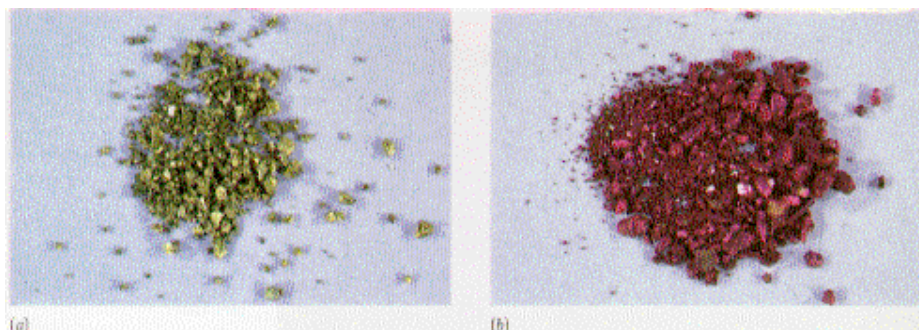


Figura 1. Fotografias dos óxidos metálicos NaWO_3 (a) e ReO_3 (b).

Fonte: HALL, 2000. p. 90.

Esses exemplos nos levam a abandonar a pergunta “O que é um metal?” substituindo-a por “Quando um material se comporta ou não como um metal?”. A partir do imenso impacto da microeletrônica, sabemos que a principal característica que separa um material metálico de outro não metálico é a condutividade elétrica pronunciada, que diminui com o aumento da temperatura. A cerâmica, anteriormente citada, pode até ser tratada como um metal, considerando-se apenas faixas de temperatura diferentes.

As propriedades elétricas dos materiais nos dão uma boa pista do comportamento geral dos mesmos e dos modelos de ligação química que são úteis para a descrição desses materiais e a interpretação de suas propriedades. Podemos observar na Figura 2 que os valores de condutividade elétrica que separam condutores (metais) de não condutores (isolantes) podem chegar a uma diferença de 10^{24} na ordem de grandeza.

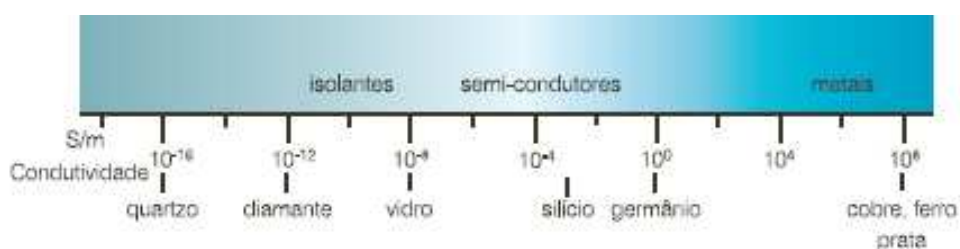


Figura 2. Escala de condutividade elétrica (Siemens/metro) para alguns materiais.

Fonte: ROCHA-FILHO, 2000. p. 11.

A preocupação com o estudo das propriedades que explicam o comportamento metálico é relativamente recente (séc. XIX e XX). As tentativas para esclarecer a estrutura dos metais e explicar o seu comportamento elétrico somente puderam aparecer após a descoberta do elétron por J. J. Thomson, em 1897.

A partir dele, vários modelos surgiram para explicar as propriedades dos metais, até chegarmos ao modelo de uma banda de energia. Muitos pesquisadores

participaram do desenvolvimento dessa teoria das bandas que é um modelo capaz de explicar, de forma clara, o comportamento metálico de algum material.

Alguns estudiosos sugerem que a ligação metálica não deve fazer parte do vocabulário químico. Segundo eles, os metais são uma simples extensão de moléculas e podem ser descritas pelo modelo de orbitais (modelo das Bandas). Mas, se nos lembrarmos que cerca de 3/4 dos elementos da tabela periódica são metais e que há inúmeros materiais com comportamento metálico percebemos como esse assunto não deve ser negligenciado (GILMAN, 1999).

OS LIVROS DIDÁTICOS E A LIGAÇÃO METÁLICA

Um dos recursos pedagógicos mais utilizados no processo ensino-aprendizagem é o livro didático. Devido a isso, ele vem sendo alvo de análises. Estas análises podem estar orientadas em diferentes sentidos: político, sócio-histórico, econômico, pedagógico, entre outros. O enfoque político preocupa-se com o mercado, no que diz respeito à seleção, distribuição e controle; o enfoque econômico se ocupa das normas de produção, comercialização e distribuição; o enfoque sócio-histórico conduz a uma história do ensino, por meio das transformações ocorridas nas disciplinas ao longo do tempo. Já o enfoque pedagógico avalia o conteúdo, sua forma de organização, seu aprofundamento e sua viabilidade na aprendizagem.

Consideramos este último como o aspecto mais importante a ser investigado porque, historicamente, esse instrumento didático foi usado nas instituições de ensino antes mesmo do estabelecimento de programas ou currículos. Sendo assim, ofereciam – e ainda oferecem – aos educadores a ordem dos conteúdos e exercícios sobre muitos assuntos. Freitag et al, citado por Lopes (1992), afirmam que os livros didáticos parecem modelar os professores, como um “... modelo padrão, autoridade absoluta, critério último de verdade...” (Lopes, 1992, p. 254). De qualquer maneira, representam o tipo de conhecimento que é ensinado nas escolas.

Com o Programa Nacional do Livro Didático - PNLD, em vigor desde 1996 e do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio - PNLEM, implantado em 2004, seu uso se tornou ainda mais pontual nas salas de aula da educação básica. Pela nossa atuação no ensino superior, percebemos que a maioria dos estudantes adquire algum livro de Química Geral.

Nesse sentido, a simplificação ou possíveis erros ou falhas na estrutura de um determinado conteúdo, podem conduzir à construção de concepções equivocadas nos estudantes e nisso reside a importância da análise pedagógica dos mesmos. Para este trabalho, o olhar se dirige para o tema metal e ligações metálicas nos livros didáticos.

Estudos como o de De Posada (1999) indicaram algumas falhas presentes em livros didáticos durante a apresentação desse tema. Conforme De Posada (1999), em muitos livros didáticos, a apresentação do modelo de ligação metálica não é potencialmente significativa segundo critérios lógicos e psicológicos, o que pode gerar problemas como, por exemplo, dificuldade de estabelecer relações entre modelos e fenômenos experimentais; dificuldade de diferenciar descrições, teorias e evidências; dificuldade de integrar corretamente diferentes conceitos e; geração de concepções alternativas nos alunos.

METODOLOGIA

Consideramos que, ao analisarmos o tema Metais e Ligação Metálica nos livros didáticos de ensino superior, podemos obter informações mais amplas a respeito do tratamento dado ao tema e, também, que isso pode nos dar algumas pistas sobre o tratamento secundário que as ligações metálicas tem recebido na educação básica, quando comparadas às ligações iônicas e covalentes, já que os livros são usados também nos cursos de formação de professores de Química.

Os livros-texto selecionados foram citados como referência para os estudantes da disciplina Química Geral, no primeiro semestre do ano de 2005, na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Foram escolhidos quatro livros cujas publicações eram mais recentes e um livro cujo autor é docente na própria Universidade, que serão tratados como A, B, C, D e E (ver no ítem Referências).

A análise desses livros teve a intenção de verificar se os mesmos favorecem a aprendizagem significativa dos alunos. Nesse sentido, o conteúdo químico, nos livros didáticos, foi analisado segundo alguns parâmetros utilizados em trabalho anterior, realizado por Schnetzler (1981).

A primeira categoria considera a relação de generalizações introduzidas no capítulo com fatos químicos. Essas generalizações são conceitos, leis ou princípios. Os conceitos exprimem características comuns e essenciais de uma classe de objetos, sendo expressas por termos e definições. As leis descrevem fenômenos que possuem regularidade. Elas são usadas para prever comportamentos. Os princípios também expressam regularidade de fatos, mas apresentam combinações de conceitos. Consideramos que os livros didáticos que apresentam maior número de generalizações relacionadas com fatos químicos facilitarão a ocorrência de uma aprendizagem não mecânica e não memorística, e, portanto, com mais chance de ser significativa. Para facilitar o entendimento da análise, classificamos o contexto usado pelos autores em:

a) Simples: há frases que apenas descrevem o fato. Elas não relacionam de forma explícita o fato e a generalização.

b) Explicativo: há frases que descrevem o fato e, que são complementadas por outras que relacionam de forma explícita o fato e a generalização.

A segunda categoria visa detectar a relação das generalizações com fatos químicos contextualizados. Esse parâmetro é relevante, pois a contextualização adequada de determinado conteúdo favorece a aprendizagem significativa. Segundo Lima e colaboradores (2000), “... a não contextualização da química pode ser responsável pelo alto nível de rejeição pelo estudo desta ciência pelos alunos, dificultando o processo de ensino-aprendizagem.” (Lopes, 2000, p. 26).

Ao selecionarmos esse critério de análise estamos considerando que o primeiro passo para a aprendizagem é querer aprender. Ao considerar o contexto social pode-se, também, estar explicitando a “utilidade” da ciência química, que passa a ser percebida como parte do mundo de vida dos sujeitos. Classificamos as generalizações como contextualizadas e não-contextualizadas.

A terceira e última categoria de análise envolve a avaliação da presença de experimentações relacionando as generalizações com os fatos. Para esse estudo serão considerados apenas dois tipos de experimentos:

a) Experimentos ilustrativos: visam ilustrar fenômenos ou exemplificar, comprovar leis e teorias.

b) Experimentos investigativos: envolvem processos de desenvolvimento de habilidades pelos alunos, sejam elas motoras ou psicológicas. Há a resolução de problemas cujas respostas não são óbvias para os alunos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciamos essa discussão fazendo breves comentários que indicam a posição do conteúdo metais e ligação metálica em cada um dos livros analisados.

Livro A: Os metais e a ligação metálica são discutidos no capítulo “Forças Intermoleculares: gases, líquidos e sólidos”, sendo apresentadas, inicialmente, as propriedades e exemplos de sólidos que se enquadram na categoria Metais. Após esse primeiro contato com as substâncias metálicas ou os materiais metálicos, um modelo simplificado (modelo do “mar” de elétrons) da ligação metálica é discutido. Apenas a questão da deslocalização dos elétrons é citada. Baseando-se nesse modelo a maior parte das propriedades anteriormente citadas é explicada. Nenhuma ilustração para a ligação metálica foi apresentada e apenas um exercício sobre esse tema foi proposto. O exercício explora unicamente o estabelecimento de relações entre a condutividade elétrica, a densidade e o volume molar de alguns metais e o modelo de ligação química discutido.

Livro B: Inserido no capítulo “Ligação e Estrutura Molecular”, o modelo da ligação metálica é introduzido de uma maneira mais aprofundada, com o uso da teoria de orbitais moleculares, anteriormente discutida para outros tipos de ligação. A partir disso, aparecem as propriedades dos metais e semicondutores. Até mesmo as propriedades dos isolantes elétricos são discutidas. As figuras têm um papel complementar na compreensão dos modelos descritos, na medida em que ilustram, de forma simples, alguns conceitos de difícil abstração para estudantes como, por exemplo, os modelos das bandas dos orbitais para um metal. Não há exercícios específicos que exijam a utilização desse modelo de ligação relacionado às propriedades dos metais. Posteriormente, a estrutura interna dos metais é discutida e complementada com exemplos quantitativos, dos tipos de empacotamento cristalino. Esse aspecto aparece em exercícios matemáticos que não associam a estrutura às propriedades dos metais.

Livro C: Os metais e suas propriedades são discutidos no capítulo intitulado “As Propriedades dos Sólidos”. No início desse capítulo o autor ressalta o não enquadramento claro de muitos materiais em apenas uma das classes de sólidos. Isso colabora para a criação de uma concepção de química como não estática, dogmática e rigidamente definida, mas sim com a presença de dinamismo e flexibilidade. Inicialmente, os cristais metálicos são caracterizados e suas propriedades são relacionadas ao modelo de elétrons livres. Os autores deixam clara a necessidade de uma teoria mais elaborada e mais abrangente para explicar algumas propriedades que sofrem variações significativas, como a temperatura de fusão. Ao final tentam um modelo explicativo. Para isso, são utilizadas duas propriedades ditas como de alta significância para a maioria dos metais: energia de ionização relativamente baixa e número de elétrons de valência menor que o número de orbitais de valência. Alguns exemplos são citados, mas a maior parte das propriedades dos materiais metálicos não é discutida e relacionada a essa teoria. O livro-texto apresenta poucas figuras, que, apesar

de bem legendadas, podem levar o aluno a acreditar que há um modelo de orbitais para cada metal. Isso pode ser percebido numa figura que mostra o comportamento das energias dos orbitais do lítio metálico. O autor, não enfatiza a ocorrência de tal comportamento nos demais metais. Os exercícios ao final do capítulo são puramente matemáticos, sem qualquer contextualização.

Livro D: A apresentação do tema Metais é realizada por meio de um capítulo exclusivo: “Metais e Metalurgia”. O capítulo é iniciado com uma descrição dos metais como integrantes dos minerais, contextualizada histórica e geograficamente. Aspectos tecnológicos dos processos metalúrgicos são expostos e descritos de forma bem aplicada, sem deixar de lado aspectos químicos. Nesse capítulo, as figuras têm um papel muito importante, pois ilustram de forma clara os processos de transformação dos minerais para a obtenção de determinado metal. Essas ilustrações são relevantes para os alunos que não tiveram contato com esse tipo de fenômeno. Após essa introdução, usam o modelo do “mar” de elétrons, passando para a Teoria dos Orbitais Moleculares quando esse modelo não consegue explicar algum fenômeno. Para finalizar o capítulo são apresentados, de forma descritiva, as ligas metálicas e os metais de transição, juntamente com suas propriedades. Os exercícios buscam a aplicação do conhecimento. No entanto, ainda há os que exigem a reprodução de regras e conteúdos expostos nos textos. O livro apresenta citação de localidades de outros países, as quais são desconhecidas para os estudantes brasileiros.

Livro E: Os metais e a ligação metálica aparecem em diversos momentos desse livro. A primeira apresentação pode ser vista no capítulo 1, em que se analisam as propriedades dos elementos na Tabela Periódica. Nesse, os metais são apenas comparados aos outros elementos. No capítulo sobre as ligações químicas (capítulo 2), o modelo de ligação metálica não é discutido. No entanto, no capítulo seguinte, no qual são abordadas as teorias de ligação, o modelo de ligação metálica é exposto com base na Teoria do Orbital Molecular. Através desse modelo são distinguidos os materiais isolantes, condutores, supercondutores e semicondutores. Posteriormente (capítulo 5), as propriedades dos metais como maleabilidade, brilho e ductibilidade ganham espaço na discussão, sendo relacionadas ao modelo de ligação anteriormente proposto. Nesse capítulo que trata dos sólidos, a formação de ligas metálicas é explicada. As ilustrações são interessantes e pertinentes, fornecendo ao estudante a idéia de como é a superfície de um determinado metal. Os exercícios são propostos de maneira não contextualizada, enfatizando a reprodução de regras e domínio de cálculos matemáticos.

A seguir, passamos aos dados provenientes dos três critérios de análises escolhidos: a) relação de generalizações com fatos químicos; b) relação das generalizações com fatos químicos contextualizados e; c) presença de experimentações relacionando as generalizações com os fatos.

a) Relação das generalizações com fatos químicos (conceitos)

A Tabela 1 mostra o número de generalizações – simples ou explicativa – de cada livro, em termos de número e percentual.

Tabela 1. Análise dos livros didáticos de Química Geral, de acordo com o primeiro critério de análise.

Livro	Número de generalizações	Relações entre generalizações e fatos	
		Simplex*	Explicativos*
A	6	0 (0)	100 (6)
B	20	40 (8)	60 (12)
C	5	20 (1)	80 (4)
D	9	33 (3)	67 (6)
E	23	33 (9)	61 (14)

*primeiro valor corresponde ao percentual (em relação ao número de generalizações) e o valor entre parênteses é o valor absoluto.

A análise dos dados evidenciam uma tendência dos livros de Química Geral associarem uma maior quantidade de generalizações relacionadas a fatos explicativos, o que pode favorecer a aprendizagem significativa dos alunos. Nesses livros, os fatos explicativos associados às generalizações apresentaram valores acima de 60% durante a apresentação do tema Ligação Metálica (apenas 1 livro apresentou valor igual a 60%).

b) Relação das generalizações com fatos químicos contextualizados

A Tabela 2 mostra o número de generalizações – contextualizadas e não contextualizadas – de cada livro, em termos de número e percentual.

Tabela 2. Análise dos livros didáticos de Química Geral, de acordo com o segundo critério de análise.

Livro	Número de generalizações	Relação entre generalizações e fatos	
		Contextualizados*	Não Contextualizados*
A	6	17 (1)	83 (5)
B	20	15 (3)	85 (14)
C	5	20 (1)	80 (4)
D	9	33 (3)	67 (6)
E	23	26 (6)	74 (17)

*primeiro valor corresponde ao percentual (em relação ao número de generalizações) e o valor entre parênteses é o valor absoluto.

Pode-se observar, em todos os livros analisados, um baixo índice de generalizações contextualizadas. Esses dados indicam que, apesar dos autores apresentarem preocupação em relacionar o conteúdo químico com as experiências pessoais dos estudantes, o percentual de generalizações contextualizadas é baixo. Talvez isso esteja restrito ao espaço reservado à Ligação Metálica e não deva ser considerada como uma representação dos livros como um todo. Mas, nesse conteúdo, ela não aparece de maneira significativa.

c) Presença de experimentações relacionando as generalizações com os fatos.

A análise baseada no terceiro critério nos mostra que a presença de experimentações, ilustrativas e investigativas, é mínima nesses livros didáticos (Tabela 3).

Tabela 3. Análise dos livros didáticos de Química Geral, de acordo com o terceiro critério de análise.

Livro	Número de generalizações	Relação entre generalizações e fatos	
		Experimentos Ilustrativos*	Experimentos Investigativos*
A	6	0 (0)	0 (0)
B	20	0 (0)	10 (2)
C	5	0 (0)	0 (0)
D	9	11 (1)	22 (2)
E	23	0 (0)	4 (1)

*primeiro valor corresponde ao percentual (em relação ao número de generalizações) e o valor entre parênteses é o valor absoluto.

Acreditamos que essa pouca presença de generalizações relacionadas a experimentos pode levar a uma aprendizagem mais mecânica dos estudantes. O experimento cria fatos químicos que, se devidamente conduzidos pelo professor, pode promover a participação do aluno, criando explicações para o fato e comparando-as com as explicações da ciência.

Os livros didáticos que apresentarem experimentos investigativos relacionando fatos com generalizações enfatizam o processo de investigação científica e contribuem para o desenvolvimento de inúmeras habilidades e competências nos alunos. Caso contrário ocorre com os experimentos ilustrativos que pouco contribuem para melhorar a compreensão das idéias envolvidas nessas atividades, levando alunos a considerar a ciência como algo linear e que sempre fornece resultados corretos.

d) Compilando os dados das 2 primeiras categorias

Para melhor notar as diferenças apresentadas pelos livros quando o assunto é a Ligação Metálica, o uso concomitante dos dados é apresentado numa única tabela, ou seja, a Tabela 4.

Tabela 4. Compilação dos dados obtidos na análise dos livros de Química Geral.

Livro	Nº de generalizações	Relações entre generalizações e fatos*			
		Simplex Não Context.	Simplex Context.	Explicativa Não Context.	Explicativa Context.
A	6	0	0	5 (83%)	1 (17%)
B	20	8 (40%)	0	9 (45%)	3 (15%)
C	5	0	1 (20%)	4 (80%)	0
D	9	3 (33%)	0	3 (33%)	3 (33%)
E	23	6 (26%)	3 (13%)	11 (48%)	3 (13%)

*primeiro valor corresponde ao valor absoluto. O valor percentual foi obtido em relação ao número de generalizações.

Ao compilar os dados notamos que, mesmo nas generalizações explicativas, que estariam mais próximas das tendências atuais de ensino, prevalece as

generalizações não contextualizadas em quatro dos cinco livros analisados. Apenas 1 deles apresenta número igual de generalizações contextualizadas e não contextualizadas.

NOSSAS REFLEXÕES A CERCA DA ANÁLISE FEITA

O cenário do processo de aprendizagem contém inúmeros fatores estruturantes. O entendimento do que se passa na sala de aula não deve considerar apenas os livros didáticos, mas todas as relações estabelecidas entre professores, estudantes, conteúdo, recursos didáticos e metodologias de ensino. Apesar disso, acreditamos que analisar um livro serviu de subsídio para nós e pode servir para professores e futuros professores. Nesse caso do conteúdo metais e ligações metálicas em livros de Química Geral, permitiu perceber que esse conteúdo, apesar do grande uso dos metais, ocupa um espaço restrito nos livros. Apenas o livro D contém 1 capítulo inteiramente dedicado ao assunto. Isso nos leva a argumentar que uma análise crítica dos livros deve ser feita e que, baseado nessa análise, o professor construa o seu programa de ensino enfatizando assuntos que tenham mais relevância pelo mercado tecnológico, como é o caso dos metais e da ligação metálica.

Conforme já havíamos citado, o estudo das ligações metálicas é complexo. Para que ele se torne acessível aos estudantes, deve sofrer muitas adaptações, sendo simplificado. Essas simplificações visam propiciar o melhor entendimento aos estudantes. A preocupação com tais adaptações precisa voltar-se para a adequação da apresentação desse assunto e eficiência no processo de ensino. Mas, será que a forma como esse assunto vem sendo desenvolvido em disciplinas de Química Geral favorece a aprendizagem dos alunos? Ao que nos parece, se o professor desenvolver o assunto dando pouca ênfase, como fazem os livros, isso não está garantido.

O tempo disponível para o tratamento do assunto Ligações Químicas nos cursos de Química Geral é extremamente pequeno. Na UFMG ele está em torno de 8 aulas de 50 minutos. Pela complexidade que representa e pela ênfase dada a ligações covalentes e iônicas e suas exceções, podemos argumentar que ligação metálica é um tema pouco considerado. Julgamos que essa discussão é extremamente importante, pois sempre convivemos com materiais metálicos e somos solicitados a modificá-los.

Neste trabalho, apenas três critérios para analisar os livros foram adotados. Entretanto, é importante ressaltar que esses não são os únicos parâmetros de análise possíveis. Pretendemos continuar esse trabalho no sentido tanto de análise, usando outros critérios, quanto de proposição de caminhos possíveis para um melhor entendimento do conteúdo metais e ligações metálicas.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Luiz Otávio Fagundes. (S/d) A ligação metálica. Belo Horizonte: Departamento de Química da UFMG. (Manuscrito inédito).

BEREIT, A. E.; BORST, K.; CLAPP, L. B.; NEIDIG, H. A., FULLER, E. **Chemical Bond Approach Project. Chemical systems.** St. Louis: McGraw-Hill Book Company, 1964.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Informativo estatístico-Setor metalúrgico n164, agosto de 2008. Secretaria de geologia, mineração e transformação mineral – Ministério de Minas e Energia . Arquivo adquirido em 15 de abril de 2009 no site <http://www.mme.gov.br/site/bulletins/bulletinsDetail.do;jsessionid=5E383341DBC4349358518F8954B8F462?viewPublicationId=17522&channelId=48>

COLL, R. K.; TREAGUST, D. F. Learners' mental models of metallic bonding: a cross-age study. **Science Education**. v. 87, p. 685-707. 2003.

DE POSADA, J. M. The presentation of metallic bonding in high school science textbooks during three decades: science educational reforms and substantive changes of tendencies. **Science Education**. v. 83, p. 423-447.1999.

FAEZ, R.; REIS, C.; DE FREITAS, P. .; KOSIMA, O. K.; RUGGERI, G.; DE PAOLI, M.-A. Polímeros condutores. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 13-18. 2000.

GILMAN, J. J. In defense of the metallic bond. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 10, p. 1330-1331. 1999.

HALL, N. **The new chemistry**. Cambridge, UK; New York, NY: Cambridge University Press, 2000.

LIMA, J. de F. L. de; PINA, M. do S. L.; BARBOSA, R. M. N.; JÓFILI, Z. M. S. A contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**. n. 11, p. 26-29. 2000.

LOPES, A. R. C. Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química- I- obstáculos animistas e realistas. **Química Nova**. v. 15, n. 3, p. 254-261. 1992.

ROCHA-FILHO, R. C. Nobel 2000. Polímeros condutores: Descoberta e Aplicações. **Química Nova na Escola**. N. 12, p. 11-14. 2000.

SCHNETZLER, R. P. Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de Química de 1875 a 1978. **Química Nova**. v. 4, n. 1, p. 6-15. 1981.

SILVA, D. C. da. Os metais e a ligação metálica na dinâmica dos livros didáticos. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2003. (Monografia)

Livros analisados:

A - BARROS, H. L. de C. **FISS: Forças Intermoleculares, sólidos e soluções (FISS)**. Belo Horizonte, 1993.

B - KOTZ, J. C.; TREICHEL, Jr. P. M. **Química & reações químicas**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

C - MAHAN, B. H.; MYERS, R. J. **Química: um curso universitário**. São Paulo: E. Blucher, 1995.

D - BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.; BURDGE, J. R. **Química – A Ciência Central**. Pearson Prentice Hall. 9 ed. São Paulo: SP, 2005.

E - ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2001.