

---

---

## **Abordagem de Sólidos Metálicos em Livros Didáticos Brasileiros de Química: Reflexões para a Formação Docente**

Francisco Junior, Wilmo Ernesto<sup>1</sup>; Francisco, Welington<sup>2</sup>, e Silva, Erivaldo Vieira da<sup>3</sup>

### **Resumo**

Assumindo o papel que os Livros Didáticos (LDs) desempenham na prática docente, bem como a centralidade do conceito de ligações químicas para a compreensão da matéria, este trabalho analisou como LDs brasileiros abordam o conceito de ligações metálicas. A análise buscou compreender as relações entre as dimensões fenomenológica, atômico-molecular e representacional ao abordar o conceito. Os resultados evidenciam que o modelo “mar” de elétrons prevalece para a explicação dos metais, sendo as imagens a principal ferramenta para a conexão de aspectos macroscópicos e atômicos. Ainda que este modelo seja considerado adequado para o nível de ensino, a responsabilidade pela discussão de seus limites é majoritariamente do professor.

**Palavras-chaves:** Modelos; Ligações Metálicas; Livro Didático.

### **Categoria 2.**

### **Linha de Trabalho 1.**

### **Objetivos**

Tendo em vista a importância das ligações químicas para o entendimento da estrutura e propriedades da matéria, o propósito deste trabalho foi investigar a abordagem de sólidos metálicos apresentada por livros didáticos brasileiros (LDs) de química, com especial atenção para as dimensões fenomenológica, atômico-molecular e representacional.

### **Marco teórico**

---

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alagoas – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática/PPGECIM-UFAL. wilmojr@bol.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Tocantins – Campus de Gurupi. welington@uft.edu.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Alagoas – PPGECIM-UFAL. vieiraqm@outlook.com

As ligações químicas são um conceito chave na compreensão do mundo químico, na medida em que estão diretamente relacionadas às propriedades e transformações da matéria (Croft & Berg, 2014). Sua compreensão é desenvolvida com base em diferentes modelos, desde os clássicos aos que empregam conceitos da mecânica quântica. Um modelo é entendido como a representação de algo (objeto, processo, evento, sistema ou ideia) e se origina de uma atividade mental que visa se aproximar da realidade, sendo a principal ferramenta usada pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da ciência (Justi, 2006).

Dentro dessa perspectiva, é fundamental que os modelos sejam centrais na abordagem pedagógica, em virtude de a aprendizagem em química estar correlacionada com a abstração de conceitos envolvendo a realidade, mas que não são percebidos facilmente por estudantes (Talanquer, 2011). O trabalho com modelos é parte intrínseca do conhecimento químico. Sem o uso deles, a química fica reduzida a descrições de propriedades macroscópicas e suas mudanças.

Assim, o ensino de Química torna-se exigente de uma modelização em nível mental para que ocorra sua assimilação, haja vista a maior parte de seus conceitos não serem tangíveis. Segundo Jonhstone (2000, p. 11), essa modelização mental “[...] é a força de nossa disciplina como atividade intelectual, e sua fraqueza quando tentamos ensiná-la, ou (...) quando os estudantes tentam aprendê-la.” Dentro deste contexto e assumindo o papel que os livros didáticos desempenham na atuação do professor, torna-se relevante entender a abordagem para um dos conceitos chaves da química.

## **Metodologia**

A metodologia da pesquisa é de abordagem qualitativa, tendo como objeto de estudo as coleções (3 volumes) dos Livros Didáticos (LDs) de Química destinados ao Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2015 (Programa Nacional do Livro Didático), que receberam códigos (L1 a L4) para sua identificação.

A análise buscou compreender as relações que os LD fazem entre as dimensões fenomenológica, atômico-molecular (submicroscópica) e representacional ao abordar o conceito de ligação metálica. Para tanto, foi realizada uma leitura orientada para a identificação de elementos utilizados pela obra para apresentar e discutir a composição, propriedades e aplicações dos metais. Na sequência, foi realizada uma análise por decomposição das estruturas textuais de forma a reagrupá-las em unidades que apresentaram elementos em

comuns (categorias). Essa abordagem segue princípios gerais da análise de conteúdo (Bardin, 2011).

### Resultados e discussão

No que se refere à introdução e discussão do modelo de ligações metálicas, os livros apresentaram diferentes características (Tabela 1). Para iniciar a abordagem, dois livros retomam significados apresentados anteriormente. O livro L2 faz uma comparação da ligação metálica com a ligação covalente, descrevendo o papel dos elétrons de valência (movimento dos elétrons no cristal). O livro L3 inicia a abordagem por meio de um experimento sobre condutibilidade elétrica.

**Tabela 1.** Categorias para a abordagem do modelo de ligação metálica pelos LDs.

Ensino de química	L1	L2	L3	L4
1. Retomada de significados	-	X	X	-
2. Classificação da formação de materiais – simples e misturas (liga metálica)	-	X	-	X
3. Ligação metálica como íons e movimento dos elétrons	X	X	X	X
4. Célula unitária	X	-	X	-
5. Estrutura cristalina dos materiais	X	-	X	X
6. Relaciona as propriedades dos metais com sua estrutura	-	X	X	X

O livro L2 busca um destaque para a dimensão atômico-molecular, descrevendo o comportamento dos elétrons (entidades invisíveis) na estrutura, ao passo que o livro L3 sublinha a dimensão fenomenológica do experimento de condutividade elétrica. Pensando no trabalho do professor, as duas estratégias podem ter resultados efetivos, desde que não se perca de vista a importância da conexão entre uma e outra dimensão por meio das representações simbólicas.

Também na direção de explorar a questão fenomenológica, os livros L2 e L4 buscam apresentar aplicações de sólidos metálicos, fazendo o uso de imagens. A primeira retrata um fusível (Figura 1A) acompanhada de uma descrição da função do objeto para exemplificá-lo como liga metálica; a segunda (Figura 1B) mostra pastilhas de alumínio puro utilizadas nas indústrias.

**Figura 1.** Imagens apresentadas no L4 de um fusível (A, p. 152) e de uma pastilha de alumínio (B, p. 152).



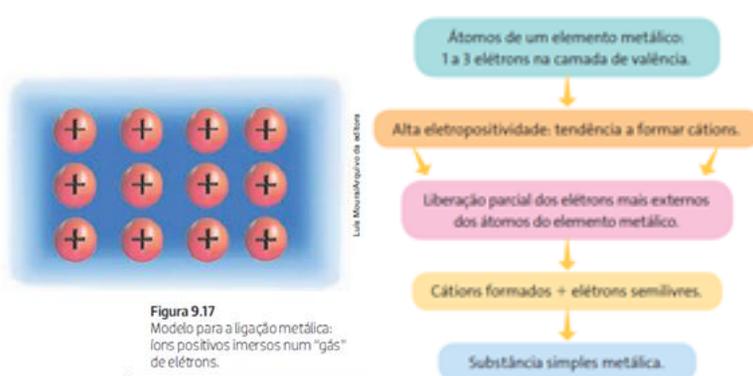
As imagens visam destacar as propriedades dos materiais, enfatizando aspectos macroscópicos na tentativa de conferir relevância para aprendizagem. A dimensão macroscópica caracteriza-se por ser descritiva e funcional e está associada àquilo que é tangível (Talanquer, 2011). Abordar e retomar as diferentes propriedades que as substâncias possuem, permitem problematizar o estudo dos sólidos metálicos. É importante destacar que tais propriedades macroscópicas são resultados de fenômenos em nível atômico, cujas explicações dependem fundamentalmente do uso de modelos os quais não podem ser negligenciados na educação química (Justi, 2006).

Estudos têm demonstrado a dificuldade dos estudantes em estabelecer conexões entre os fenômenos e as ferramentas intelectuais empregadas na química para interpretá-los, especialmente pelo fato de seus pensamentos se pautarem em experiências sensoriais (Taber e Coll, 2002). Durante o ensino torna-se importante não apenas destacar, mas avançar para os níveis simbólico e explicativo de modo a favorecer a compreensão. Nessa direção, a responsabilidade dessa conexão é atribuída ao professor quando o livro não a faz satisfatoriamente.

No que tange ao modelo empregado para a compreensão dos metais, todos os livros estruturam a explicação com base na formação de cátions, cujos elétrons de valência movimentam-se pela estrutura. O livro L1 usa apenas linguagem discursiva para tal. Por sua vez, os demais livros também empregam imagens.

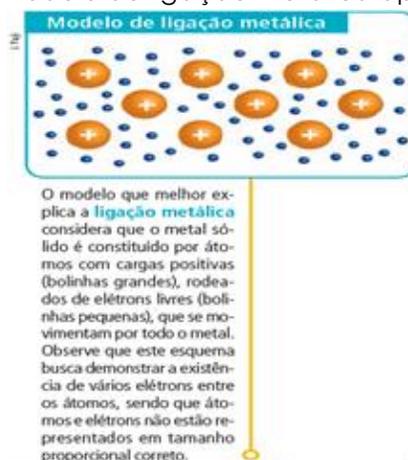
O livro 2 traz uma imagem (Figura 2) que mostra o átomo metálico imerso a um "gás de elétrons", conceito usado para descrever o conhecido modelo de 'mar de elétrons' e um fluxograma contendo palavras-chave para demonstrar a formação da ligação metálica.

**Figura 2.** Modelo de ligação metálica (A, p. 298) apresentada pelo L2 acompanhado de fluxograma que destaca algumas propriedades dos elementos metálicos (B, p. 304).



O texto em L3 relata o termo de um 'possível modelo teórico' que explica a liga o metálica, apresentando também imagem com legenda. O texto atribui o transitar dos elétrons ao "padrão de organiza o dos átomos dos metais em seus retículos cristalinos e do alto valor de raio atômico que permite que os átomos metálicos compartilhem os elétrons de suas camadas de valência com átomos vizinhos, caracterizando assim a liga o metálica" (L3).

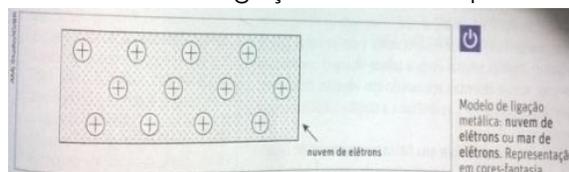
**Figura 3.** Representa o do modelo de liga o metálica apresentada pelo L3.



No livro L4 há a apresenta o de um modelo (Figura 4) no qual os "c t ions dos elementos metálicos estão dispostos em um retículo cristalino e elétrons

circulam livremente entre eles", enfatizando que os c t ns "estão imersos nos elétrons livres", o que "explica a condu o de eletricidade". Há o uso de uma figura em que os elétrons são representados por pontos e os c t ns metálicos por círculos com sinal de carga positiva.

**Figura 4.** Representa o do modelo de liga o metálica apresentada pelo L4 (p. 151).



Tais abordagens implicam numa tentativa de trazer os modelos para explicar o significado de conceitos. Há inten o de estabelecer uma rela o entre a dimensão at mica e representacional, lançando mão especialmente de modelos bidimensionais (imagens) como ferramenta.

Ainda que as forças elétricas não sejam capazes de explicar todos os aspectos das liga es químicas e, não obstante a existência de modelos mais sofisticados calcados na mecânica quântica, uma abordagem introdutória para os modelos de liga es com base no efeito das forças elétricas pode ser considerada adequada (Taber e Coll, 2002), sobretudo ao se considerar o nível de ensino para o qual os livros estão destinados.

Refletindo em termos da forma o de professores,   importante que se reconheçam os limites dos modelos clássicos das liga es químicas, inclusive como forma de se problematizar a transitoriedade e os modelos como uma representa o da realidade. Deste modo, um aspecto importante que pode ser verificado   a incoerência entre o discurso textual e representacional presente nos livros. Solbes e Vilches (1991) também reportaram que a discussão de limita es dos modelos de liga es química não   frequente em LDs.

No modelo de elétrons deslocalizados, os elétrons de valência se movimentariam livremente pela estrutura e seriam responsáveis pela condu o elétrica. Assim, a quantidade de elétrons representada estaria "superestimada" pelos modelos apresentados. Além disso, a dimensão dos elétrons seria outro problema. Nesse sentido, ainda que o livro busque a rela o entre a dimensão concreta (propriedades) e at mica-molecular (modelo), a imagem não condiz com tal rela o. Logo,   importante para o professor analisar criticamente este aspecto e selecionar imagens mais adequadas que possam contribuir na constru o do modelo.

No que concerne   rela o das propriedades dos metais com sua estrutura, o livro 1   o único a não estabelecer tal rela o. No livro L2 as propriedades das substâncias metálicas (maleabilidade, ductibilidade, condutividade, etc) são apresentadas de forma discursiva. A maleabilidade   relacionada a partir de um modelo que visa comparar a estrutura de um sólido metálico com a de um sólido i nico.

**Figura 5.** Representa o do modelo de liga o metálica e i nica buscando relacionar propriedades macroscópicas e dimensão at mica (L2, p. 299).

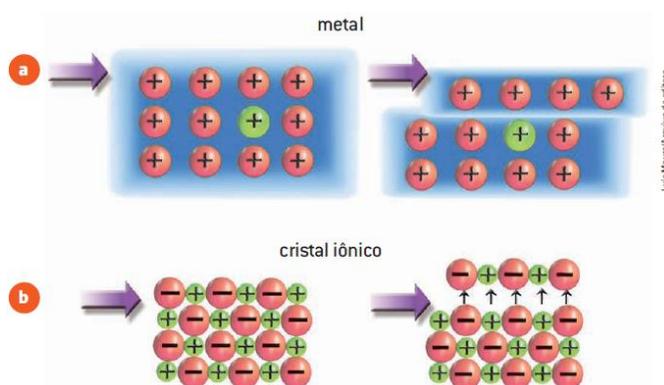


Figura 9.19  
a) Deslocamento forçado dos átomos num metal.  
b) Deslocamento num cristal i nico.

Os estudantes encontram dificuldades para o entendimento de aspectos da estrutura metálica, dentre elas: i) o movimento dos elétrons na estrutura e a natureza da condutividade elétrica; ii) a força que mant m os átomos unidos; iii) a regularidade de disposi o dos átomos e; iv) a dimensão dos elétrons em compara o aos átomos (Posada, 1997). Desta forma,   importante que o professor de química destaque a rela o existente entre o modelo e as propriedades, assim como seus limites. Para tanto, a discussão das abordagens presentes nos livros pode ser uma alternativa que contribui nos processos de constru o dos modelos e conceitos científicos.

### Considera es finais

Os resultados evidenciam que o modelo dos elétrons deslocalizados prevalece como princípio explicativo dos metais. As imagens são a principal ferramenta para a conexão dos aspectos macroscópicos e atômicos, cujas rela es entre propriedades e modelo foram assinaladas em 3 livros. As limita es do modelo não são abordadas em nenhum dos livros. Ainda que os LDs busquem a rela o entre a dimensão concreta (propriedades) e at mica-molecular

---

(modelo), a responsabilidade pela discussão dos limites é atribuída ao professor, aumentando a responsabilidade e a necessidade de conscientização de tais relações.

### **Referências bibliográficas**

- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Croft, M, & Berg, K. (2014). From common sense concepts to scientifically conditioned concepts of chemical bonding: an historical and textbook approach designed to address learning and teaching issues at the secondary school level. *Science & Education*, 23(9), 1733-1761.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry: logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), p. 9-15.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Posada, J. M. (1997). Conceptions of high school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: structure and evolution. *Science Education*, 81(4), 445-467.
- Solbes, J., & Vilches, A. (1991). Análisis de la introducción de la teoría de enlaces y bandas. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 53-58.
- Taber, K. S., & Coll, R. K. (2002). Bonding. In: J. K. Gilbert et al. (Eds.), *Chemical Education: towards research-based practice* (pp. 213-234). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triple". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.