

# MODELOS MEDIADORES EM LIGAÇÃO QUÍMICA

## MODELS MEDIATORS IN BOND CHEMISTRY

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar a concepção da natureza e do papel dos modelos nas ciências a partir da filosofia da ciência, a fim de caracterizá-los como mediadores entre a teoria e a realidade, tendo como pressuposto o entendimento de uma ligação química. Sustentamos que o caso ligação química serve bem para pensar sobre a coexistência de três explicações científicas distintas para um mesmo fenômeno: LEWIS, LV e OM. Entendemos, que diferentes modelos, mesmo que seja para o mesmo caso, podem empregar diferentes aproximações ou dá ênfase em diferentes tipos de perguntas e aspectos. Diante do problema químico, argumentamos que não temos, em princípio, o modelo de um sistema real dado para a ligação química, mas uma multiplicidade de modelos científicos, de maneira que a noção de modelo como mediador parece à adequada para este caso. Por fim, destacamos algumas implicações que consideramos relevantes para o Ensino de Química.

**Palavras chave: modelos mediadores, filosofia da ciência, filosofia da química, ensino de química.**

### Abstract

We argue that the chemical bonding case serves well to think about the coexistence of three distinct scientific explanations for the same phenomenon: LEWIS, LV and OM. We understand that different models, even for the same case, may employ different approaches or emphasize different types of questions and aspects. In the face of the chemical problem, we intend to argue that we do not, in principle, have the model of a real system given for chemical bonding, but a multiplicity of scientific models, so that the notion of model as a mediator seems adequate for this case. Finally, we highlight some implications that we consider relevant to Chemistry Teaching.

**Key words: models mediators, philosophy of science, philosophy of chemistry, teaching of chemistry.**

### Introdução

A importância da ligação química no Ensino de Química tem sido reconhecida. Em razão disso, grande parte dos temas de ensino universitário e ensino médio estão relacionados a esse conceito. Entretanto, é um dos temas que apresentam dificuldades para os estudantes, conforme apontam Fernandez e Marcondes (2006).

Além das dificuldades relacionadas aos estudantes, Erduran e colaboradores (2007) e Gilbert (1997) comentam que os próprios professores podem cometer equívocos quanto aos aspectos da natureza da ciência que eles estão ensinando em sala de aula. Por exemplo, em termos do papel dos modelos e modelagem, professores concebem modelos científicos em termos mecânicos e acreditam que os modelos são verdadeiras imagens de fenômenos e ideias

(GILBERT, 1997) não observáveis. Os autores comentam que os docentes precisam ter uma visão clara e abrangente acerca da natureza epistemológica do termo modelos. Nessa perspectiva, Hoffmann (2003, p.2) acrescenta que:

A visualização através de modelos entra na química, como um corolário inevitável do macro / micro movimento que confusamente e produtivamente mistura na mente dos químicos modernos. Camadas de representação icônica e simbólica de moléculas mediam a nossa luta para nos impulsionar em entender por que fora dessa solução azul vem um precipitado verde limão. Nós entendemos, não apenas por cogitação, mas através de desenhos de modelos moleculares e orbitais.

Embasados em Hoffmann, acreditamos que a analogia entre os modelos e as estruturas moleculares, por exemplo, pode facilitar o estudo da constituição, da configuração (ou seja, da estrutura tridimensional) e das diferentes conformações, as formas que uma molécula pode obter. Além disso, o uso de modelos moleculares é simples e de grande importância, pois apoia a visualização das ligações químicas. Há diversos casos em que a representação da estrutura tridimensional da molécula é fundamental. Para Justi e Gilbert (2002), os professores não enfatizam sobre a necessidade de considerar os alcances e limitações de modelos durante o processo de modelagem, ou a importância de discutir, com os alunos, essas questões quando apresentam um modelo característico.

Constata-se, portanto, um problema conceitual profundo acerca da natureza da ligação química: a coexistência de três modelos distintos que buscam explicar um mesmo fenômeno - Lewis, Ligação de Valência (LV) e Orbital Molecular (OM). Frente ao problema químico, acreditamos que a noção de modelo como mediador pode contribuir para minimizar as perplexidades decorrentes da coexistência de distintas descrições e explicações, e mesmo incompatível, do mesmo fenômeno, assim como abrirá espaço para o trabalho no Ensino de Ciências (GIERE, 1999a, 1999b; LOMBARDI, 1998, 2010; ADÚRIZ-BRAVO, 2010, no prelo), uma vez que iria remover o pesado fardo imposto pelas "formalidades" supostamente ser respeitado quando a ciência escolar é feita.

Admitimos que ligação química, serve bem para pensar sobre a coexistência de três explicações científicas distintas para um mesmo fenômeno. Por exemplo, uma suposta superioridade entre OM e LV deixa de existir de acordo com esta proposta, pois, ao considerarmos como modelos mediadores, esses passam a coexistir tanto no âmbito educativo quanto na atividade científica do químico, independente da incompatibilidade para um mesmo fenômeno. Assim, desejamos contemplar a seguinte questão: Como podemos explicar que três abordagens muito distantes coexistem dentro de uma mesma disciplina?

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo analisar a concepção da natureza e do papel dos modelos nas ciências a partir da filosofia da ciência, a fim de caracterizá-los como mediadores entre a teoria e a realidade, tendo como pressuposto o entendimento de uma ligação química.

## **Metodologia**

Devido ao caráter teórico deste trabalho, a metodologia foi baseada na leitura e análise da literatura, através de uma abordagem qualitativa, constituindo-se de um estudo exploratório, descritivo, compreensivo, configurando-se como análise de documentos. De acordo com Creswell (2007) a ideia por trás da pesquisa qualitativa é selecionar propositalmente participantes ou documentos mais indicados para ajudar o pesquisador a entender o problema e a questão de pesquisa.

Para construção do corpus deste trabalho, as fontes referem-se à concepção mediadora, desde aproximadamente 1998 até os dias atuais. Entre os referenciais teóricos:

Giere (1992, 1999, 2004), Adúriz-Bravo (2001, 2011, 2012), Olímpia Lombardi (1998, 2010), Margaret Morrison e Mary Morgan (1999) e Morrison (2005, 2011). Propõe-se, assim, descrever e analisar o papel do modelo como mediador, e em seguida, aplicá-lo na abordagem da ligação química. Deste ponto de vista, modelos não são mais ligados ao sentido lógico das teorias, mas tornam-se mediadores entre a teoria e a realidade (ADÚRIZ-BRAVO; LABARCA; LOMBARDI, 2014; MORRISON; MORGAN, 1999).

## A Concepção Mediadora

O epistemólogo estadunidense Ronald Giere foi quem forneceu as bases conceituais para introdução da ideia de “modelo como um mediador”: modelo de um sistema real de uma teoria (LOMBARDI, 1998, 2010; MORGAN; MORRISON, 1999; ADÚRIZ-BRAVO; LABARCA; LOMBARDI, 2014). Esta noção, parte da seguinte relação:

Teoria ↔ Modelo ↔ Realidade

Para Giere (1992, 1999, 2004), a relação entre o modelo e a realidade é de similaridade; o modelo, não é real, porém, possui valor de semelhança ao sistema real em alguns aspectos e graus. Por exemplo, no contexto da Mecânica Clássica, Lombardi (2010) comenta que o modelo pode ser construído a partir de um gás real como uma quantidade determinada de pequenas esferas sólidas que interagem entre si, de acordo com a lei de choque elástica. Vale destacar que o sistema de relacionamento aqui não se refere apenas a uma semelhança superficial entre eles (gás real e as esferas sólidas, por exemplo), mas a uma ligação de caráter eminentemente teórico; modelo é o "representante" do sistema físico e não apenas uma mera representação (MORGAN; MORRISON, 1999; GIÉRE, 1999).

Em outras palavras, a ideia giereana de similaridade propõe operacionalizar a noção de que os modelos são análogos (teóricos) de seus sistemas. Dentro desse contexto, modelos não são o mundo, porém, uma analogia que “se parece” em alguns aspectos (e, contudo, diferente de muitos outros). Essa posição se aproxima de Chamizo (2006), uma vez que considera modelos como sendo distintos da realidade. Giere, assume que não há relação direta entre o que dizemos (proposições) e os fenômenos. Esta relação é mediada por modelos entendidos como representações abstratas do mundo. Tais representações não podem ser reduzidas para proposições ou para a realidade.

Em relação aos modelos teóricos, Giere (1992) considera que são entidades abstratas, não necessariamente linguísticas, que se comportam exatamente segundo prescrito por uma série de enunciados ou proposições (em qualquer nível simbólico) pelos quais se define essa entidade. Para esse autor, cada modelo científico é similar ao sistema que modela em alguns aspectos e graus de ajuste. Discutindo a concepção desse autor, o modelo seria uma estrutura cognitiva de algo que lhe confere um papel fundamental na prática científica. Nesse sentido, modelos em ciências são objetos abstratos, construídos em conformidade com princípios gerais adequados e condições específicas. O que é especial sobre os modelos é que eles são projetados de modo que seus elementos possam ser identificados com características do mundo real - isso é o que torna possível a utilização de modelos.

Giere, em outro estudo (2004), considera que as práticas científicas de representação do mundo são fundamentalmente pragmáticas e, se quisermos compreender essas práticas, não devemos começar com a linguagem em si, mas com as práticas científicas em que a língua é utilizada. Para esse autor, cientistas são agentes intencionais, com objetivos e propósitos definidos.

Sem dúvida, acreditamos que a concepção de Giere de modelo é poderosa; qualquer representação que nos permita pensar, falar e agir com rigor e profundidade no sistema. Pensamos que esta posição qualifica um modelo teórico não apenas como modelos altamente abstratos, mas como modelos, imagens, tabelas, analogias, desde aqueles que permitem

descrever, explicar, prever e intervir. Dialogando com Giere, Adúriz-Bravo (2010) defende que este "modelo de modelo" parece ser mais frutífero hoje para o ensino de ciências experimentais. Para ele, modelos são ferramentas indispensáveis para a experimentação que poderá testar a teoria e contribuir para sua reelaboração, se for o caso.

“A função principal de modelos como mediadores entre a teoria e a realidade é a de permitir o uso de uma teoria científica para explicar um fenômeno natural através de uma conceituação de tais fenômenos” (ADÚRIZ-BRAVO; LABARCA; LOMBARDI, 2014, p.9). Para Morgan e Morrison (1999) e Morrison (1998, 2005), as principais características do modelo como mediador são: os modelos não são deriváveis a partir da teoria, pelo contrário, a sua formulação é geralmente necessária para a aplicação da teoria como condição de sistema real; os modelos atuam como mediadores na medida em que carregam um conhecimento particular ou local de conhecimento sobre o sistema; os modelos não são deriváveis de dados empíricos, por meio de técnicas estatísticas, mas, por outro lado, geralmente, envolvem modelos conceituais e pressupostos teóricos substanciais; e os modelos possuem a propriedade importante dos sistemas reais de substituir referentes diretos das teorias. Essas características brindam aos modelos certa autonomia em relação às teorias e à realidade; modelos são parcialmente independentes de ambos, teorias e mundo.

Portanto, modelos assumem uma natureza híbrida, não teoria, não real, de maneira que tal autonomia permite que os modelos científicos possam ser utilizados como mediadores entre os dois campos de atuação. Modelos, não servem apenas para testar a teoria, mas para modificá-la; para explorar suas implicações; proporcionando um conhecimento específico e local, como uma ferramenta para experimentação (MORGAN; MORRISON, 1999; LOMBARDI, 2010).

### Modelos como Mediadores em Ligação Química

Em consonância com os pontos aqui mencionados em relação à mediação dos modelos em ciência, propomos aplicar esta perspectiva no âmbito da ligação química. Embora o entendimento da ligação química envolva três explicações que são normalmente chamadas de "teorias", sustentamos que sejam entendidas como modelos mediadores - três representações da mesma realidade relacionada com modelos diferentes. Ao levar essas considerações, propõe-se a figura 1 a seguir:

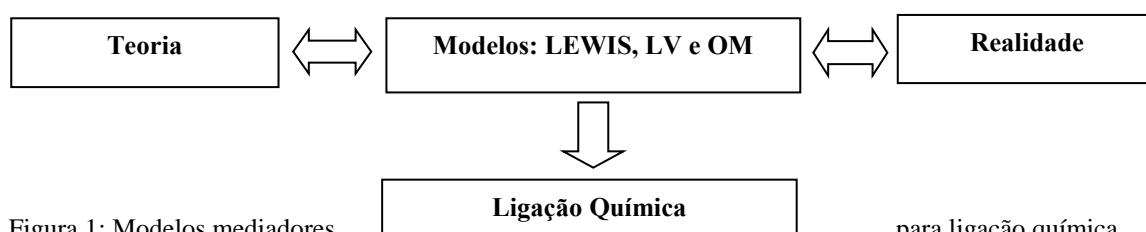


Figura 1: Modelos mediadores  
Fonte: Elaboração própria.

para ligação química.

Modelos são centrais na explicação química (HARRÉ, 2003). Nesse sentido, embasados em Harré (2003) e Laszlo (2012), argumentamos que os professores devem ajudar os alunos a compreender a exuberância de pluralidade de pontos de vistas das explicações químicas, não como confusão, mas para ajudá-los a penetrar na complexidade do contexto químico. É preciso entender que muitas heurísticas coexistem dentro de uma mesma disciplina, ainda que sejam distantes, de maneira que nenhuma deve ser privilegiada em função de outra.

Concordamos com Schummer (2014) que o pluralismo metodológico pela utilização de modelos funciona, sendo indispensável em Química. Para o autor, o pluralismo

metodológico não é uma questão de gosto filosófico, mas inevitável nas ciências experimentais, podendo ser apreciada e entendida como uma epistemologia de pleno direito da ciência, cuja vantagem é a flexibilidade. Desse modo, “[...] se surgirem novos campos de interesse, novas questões ou problemas, mesmo graves de uma das abordagens atuais, a ciência pode ajustar de forma flexível” (SCHUMMER, 2014, p.10).

## **Implicações para o Ensino de Química**

Compreender o que são modelos em Química em aspectos epistemológicos remete ao entendimento da natureza do conhecimento científico, assim como suas condições de validade. Tal perspectiva está vinculada à seguinte reflexão: o que se aprende em Química, quando admitimos que ela é uma Ciência baseada em modelos?

No ensino, cabe discutir a relação que modelos e teorias têm com o mundo, assim como são produzidos. No que diz respeito à relação entre Ciência e realidade, essa questão remete ao papel central dos modelos (logo, das teorias), na construção do conhecimento que ela nos proporciona sobre o mundo.

Acreditamos, assim como Labarca (2006) e Scerri (2003), que os tópicos discutidos e debatidos no campo disciplinar da Filosofia da Química podem ser utilizados na formação de professores, a fim de que os docentes desenvolvam uma concepção epistemológica mais profunda sobre a Química. A aproximação entre a Filosofia da Química e Ensino de Química pode contribuir também para a compreensão de que pode haver diferentes modelos químicos para um mesmo fenômeno (LABARCA, 2006; OH; OH, 2011; ADÚRIZ-BRAVO; LABARCA; LOMBARDI, 2014; SCHUMMER, 2014). Labarca (2006, p.62) ainda esclarece que “[...] não podemos considerar que um modelo seja melhor do que outro em sentido absoluto, mas apenas em relação à perspectiva da investigação.”

Portanto, entendemos, além disso, que trazer uma compreensão epistemológica acerca dos modelos, sobretudo, como mediador epistêmico, pode ajudar licenciandos e professores formadores a entender a importância dos modelos para a ciência, para a filosofia, para o ensino e, especialmente, para o entendimento da natureza da química. Considerando a química como uma ciência extremamente modelar (ou seja, baseada em modelos), na formação, é importante que os estudantes se apropriem da ideia de modelos na Química.

## **Conclusão**

Amparados em Adúriz-Bravo, Labarca e Lombardi (2014), Morrison e Morgan (1999), Lombardi (1998, 2005, 2010) e Oh e Oh (2011) argumentamos que não temos, em princípio, o modelo de um sistema real dado para a ligação química, mas uma multiplicidade de modelos científicos, de maneira que a noção de modelo como mediador parece à adequada para este caso. A escolha entre os modelos vai depender dos fatores relevantes para cada situação ou do interesse que impulsiona o cientista em cada caso particular (ADÚRIZ-BRAVO; LABARCA; LOMBARDI, 2014).

## **Agradecimentos e Apoios**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio para que pudesse construir este trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia pelo incentivo.

## **Referências**

ADÚRIZ-BRAVO, A. A. (2001). Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias. Tese de Doutorado - Universitat Atonoma de Barcelona, Barcelona.

\_\_\_\_\_. Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. En: Álvarez, L., Rickenmann, R. y Vallès, J. (eds.), II Congrés Internacional de Didàctiques: Llibre d'actes, CDROM, nº 248, s/pp. Girona: Universitat de Girona, 2010.

\_\_\_\_\_. (2012). A 'semantic' view of scientific models for science education. *Science & education*, New York, 08, jan.

\_\_\_\_\_.; LABARCA, M.; LOMBARDI, O. Una noción de modelo útil para la formación del profesorado de química. *Avances en Didáctica de la Química: Modelos y Lenguajes*. ED. Ediciones Universitarias de Valparaíso, P. 37 – 49, 2014.

CHAMIZO, J. A. Los modelos de la química. **Educación química**, México, v.17, p. 476-482, 2006.

CHAMIZO, J. A. (2010). “Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias”. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 7(1), 26-41.

CRESWELL, J. W. (2007). *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto* (2a ed., L. de O. Rocha, Trad.). Porto Alegre: Artmed. (Obra original publicada em 2003).

ERDURAN, S. ADÚRIZ-BRAVO, A.; NAAMAN, R. M. Developing epistemologically empowered teachers: examining the role of philosophy of Chemistry in teacher education. *Science & Education*, New York, v.16, n. 9, p. 975-989, 2007.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligações químicas. *Química Nova na Escola*, v. 24, p. 20-24, 2006.

GIERE, R. N. (1992). *La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología,

\_\_\_\_\_. Using models to represent reality. En: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J.; THAGARD, P. (Ed.). **Model-based reasoning in scientific discovery**. New York: Kluwer Academic Publishers/Plenum, 1999. p. 41-57.

\_\_\_\_\_. Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, p. 9 -13, 1999a.

\_\_\_\_\_. Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, p. 63-70, 1999b.

\_\_\_\_\_. Como os modelos são usados para representar a realidade. *Philosophy of Science*, v. 71, p. 242-52, 2004.

GILBERT, J. Models in Science and Science Education. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Exploring Models and Modelling in Science and Technology Education**: contribution From the MISTRE Group. Reading: The College of Estate Management, 1997.

HARRÉ, R. Foreword. *Annals N.Y. Acad. Sci.*, v. 988, Issue 1, p. ix-x, 2003a. Ed.: J. Earley, J. Chemical Explanation: Characteristics, Development, Autonomy.

HOFFMANN, R. Thoughts on aesthetics and visualization in chemistry. *Hyle International Journal for Philosophy of Chemistry*, Berlin, v. 9, n. 1, Special Issue, p.7-10, 2003.

JUSTI, R.; GILBERT, J. Models and modelling in chemical education. In: GILBERT, J. K. et al. **Chemical Education**: towards research-based practice. Dordrecht: Kluwer, 2002.

LABARCA, M. La filosofía de la química y su impacto en la educación en química. *Educación em la Química*, v.12, n. 2, p. 59-71, 2006.

LABARCA, M.; MARTÍNEZ G. J. C. (2012). “Acerca de las relaciones interteóricas en química: las teorías mecánico cuánticas del enlace químico”, en Salvatico, L. Pesenti, L. Bozzoli, L. (eds). *Epistemología e Historia de las Ciencias* Vol. 18, Cordoba: Facultad de Filosofía y Humanidades Universidad Nacional de Córdoba, pp. 297-303.

LASZLO, P. Towards teaching chemistry as a language. *Science & Education*, New York, online first, 23 mar. 2012.

LOMBARDI, O. (1998). “La noción de modelo en ciencias”, *Educación en Ciencias* II: 5-13.

\_\_\_\_\_. The ontological autonomy of the chemical world. *Foundations of Chemistry*. 2005, v. 7, n. 2, p. 125-148.

\_\_\_\_\_.; LABARCA, M. The Ontological Autonomy of the Chemical World: A Response to Needham. *Foundations of Chemistry*, v.8, p. 81-92, 2006.

\_\_\_\_\_. Los modelos como mediadores entre teoría y realidad. In: Galagovsky, L. (Ed.). *Modelos científicos*. Buenos Aires: Editorial Lugar, 2010. p. 83-94.

\_\_\_\_\_.; MARTÍNEZ G. J. C. (2012). Entre mecánica cuántica y estructuras químicas: ¿a qué refiere la química cuántica?, *Scientiae Studia* 10: 649-670.

MORRISON, M.; MORGAN, M. “Models as Mediating Instruments” in Morgan and Morrison, 10 -37, in Morgan and Morrison (eds.) *Models as Mediators: Essays on the Philosophy of the Natural and Social Sciences*, Cambridge: CUP, 38-65, 1999.

MORRISON, M. Approximating the real: the role of idealizations in physical theory. *Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities*, v. 86, n. 1, p. 145-172, 2005.

MORRISON, M. (2011). One phenomenon, many models: Inconsistency and complementarity, *Studies in History and Philosophy of Science* 42: 342-351.

OH, P. S.; OH, S. J. What teachers of science need to know about models: Na overview, *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130, 2011.

SCERRI, E. R. Philosophical confusion in chemical education research. *Journal of Chemical Education*, v. 80, n. 5, p. 468-474, 2003.

SCHUMMER, J. (2014). The Preference of Models over Laws of Nature. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry in Chemistry*. In: *European Review*, v.22, n.1, p. 87-101.