

As Representações em Livros Históricos e Raros: Explorando o Conceito de Ligações Químicas

Jamily da Silva dos Anjos¹(IC)*, Karenina Teixeira de Menezes¹(IC), Vitória Schiavon da Silva¹(PG), Alessandro Cury Soares¹(PQ), Bruno dos Santos Pastoriza¹(PQ).

jamily.mikika.129@gmail.com.

¹ Universidade Federal de Pelotas.

*

Palavras-Chave: Ligações Químicas, História da Ciência, Epistemologia.

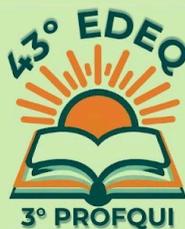
Área Temática: História, Filosofia, Sociologia e Epistemologia das Ciências

RESUMO: Este trabalho busca apresentar e discutir sobre uma categoria emergente de uma análise sobre o conceito de Ligações Químicas, realizada em Livros Históricos e Raros, intitulada Representação. No caso, três abordagens de representação foram identificadas nos livros referentes ao conceito buscado, as quais são: Representação Matemática, Representação através de Ilustrações de Experimentos e Representação por Modelos Conceituais. Com a análise dos livros situados entre os séculos XIX e XX, observa-se como ocorre o processo de uma simples descrição visual e matemática do conceito para uma transformação em ideias abstratas e teóricas. Esta reflexão evidencia o desenvolvimento do Ensino de Química.

INTRODUÇÃO

O conceito de Ligações Químicas (LQ) é fundamental para entender como os átomos se unem, tendo influência sobre os modos de compreender propriedades como estabilidade, reatividade e características físicas das substâncias (Araújo *et al*, 2015). Nesse sentido, buscou-se analisar quais as características do conhecimento químico sobre as LQ, em contextos onde as teorias mais recentes ainda não são amplamente aceitas ou foram recentemente introduzidas, o que revelam um cenário de transição tanto no Ensino de Química, quanto na própria Ciência. No caso, utilizou-se como objeto de pesquisa livros que podem ter sido utilizados como material didático, uma vez que destinam-se a estudantes, assim como é expresso na introdução dos livros.

Para este trabalho, a pesquisa se concentra especificamente em Livros Históricos e Raros, que registram o desenvolvimento do pensamento e das práticas culturais ao longo do tempo. Para serem considerados raros, não é levado em consideração somente a sua antiguidade, mas também por características únicas, como edições limitadas ou conteúdos que revelam informações históricas significativas (Biblioteca Nacional, 2024). Além disso, Silva (2023) destaca quais são



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

os critérios para a classificação de livros raros, sendo obras reconhecidas internacionalmente, itens com marcas de propriedades de artistas, professores e ex-alunos da instituição daquele livro e as que abordam temas de grande relevância para a sua área de atuação. São esses aspectos que caracterizam os livros analisados, além de históricos, como raros.

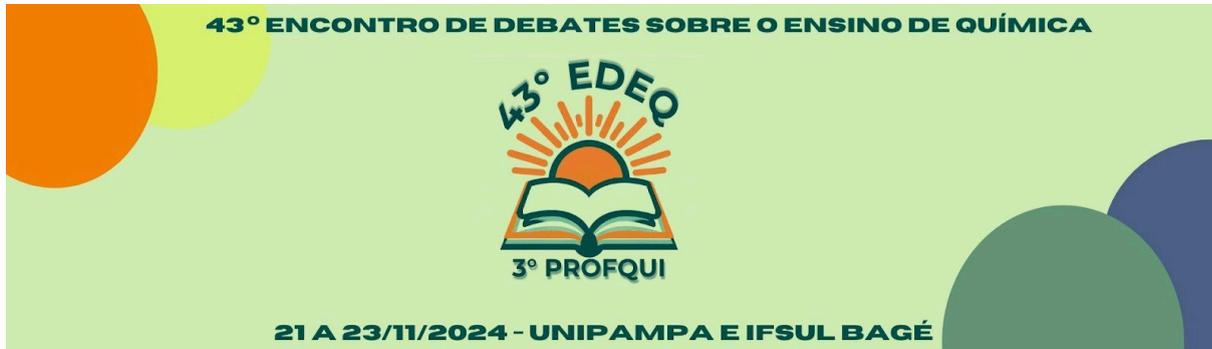
Dessa forma, estes materiais oferecem uma visão única da história da impressão, da literatura e da ciência, contribuindo significativamente para pesquisas que investigam sobre o desenvolvimento do pensamento e da educação. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar e discutir sobre uma categoria emergente da análise realizada em Livros Históricos e Raros de Química, em que é observada os tipos de representações acerca do conceito de LQ.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para este trabalho é a análise documental, de caráter qualitativo, a qual se concentra em materiais que ainda não foram analisados, ou seja, documentos sem tratamento analítico prévio (GIL, 2010). Sendo assim, o corpus desta análise são livros do período de 1850 a 1990.

Para isso, tais materiais surgiram da consulta a três bibliotecas reconhecidas por seus amplos acervos na Região Sul do Brasil: a Biblioteca de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (BibQuí/UFRGS), a Biblioteca da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) e a Biblioteca Irmão José Otão da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Buscando em um período entre 1800 e 1990, a partir das listas fornecidas por essas bibliotecas, codificamos os 34 livros, identificados como "Lx", onde "x" representa um número distinto para cada obra. A consulta foi realizada por meio de índices remissivos e sumários, buscando termos relacionados ao conceito de LQ em diferentes idiomas e denominações, o que resultou na seleção de 18 livros. Os livros excluídos da análise foram aqueles que não abordavam o conceito de LQ ou estavam em idioma alemão. Dessa forma, os idiomas considerados na pesquisa foram Português-BR/PT, Inglês, Espanhol e Francês.

Após a constituição do *corpus*, os 18 livros foram catalogados, extraindo-se trechos significativos que sintetizam as ideias centrais sobre o conceito de LQ de cada obra. Além disso, emergiram quatro categorias: Determinação, Representação, Definição e Didática do conceito. Para este trabalho, focamos no aspecto representacional do conceito de LQ, e os livros pertencentes a esta categoria, podem ser observados no Quadro 1:



Quadro 1: Dados dos livros pertencentes à categoria de Representação.

Cód	Título	Autoria	Ano
L2	Problemas elementares de Química	N. Angelino	1939
L4	Compendio de Chimica	L. Troost	1983
L8	Curso geral de química	P. Ignacio Puig	1932
L14	Química	A. C. Leão	1936
L16	Compendio de Química General	W. Oswaldt	1924
L17	Química Inorgânica	T. Moeller	1956
L19	Cours élémentaire de chimie	M. V. Regnault	1851
L20	Chimie Générale	P. Pascal	1949
L26	Introduction to theoretical chemistry	W. B. Meldrum; F. T. Gucker	1936
L27	General college chemistry	M. C. Sneed; J. L. Maynard; R. C. Brasted	1954
L30	Introductory college chemistry	N. E. Gordon	1926
L34	Lições de chimica	Collecção F. T. D.	1932

REPRESENTAÇÃO MATEMÁTICA

Os livros presentes nesta subcategoria são os L2 e L16. Para melhor exemplificação, traremos o L2, em que, de modo geral, o livro se centra numa perspectiva matematizante, ou seja, utiliza a matemática para tratar dos conceitos químicos. Um exemplo pode ser observado na Figura 1.

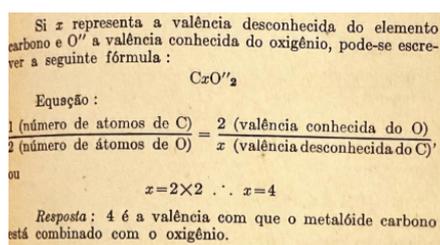


Figura 1: Equação para calcular valência (Angelino, 1939).



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

Para contextualizar, quanto ao conceito de LQ, foi somente após o reconhecimento da comunidade científica sobre a existência do elétron (início do século XX) e a proposição da existência com base no experimento do átomo que a valência ganhou espaço nas explicações de como os átomos se uniam, através da teoria do par de elétrons compartilhados de Lewis e a teoria atômica de Thomson (Souza ; Aires, 2022).

No exemplo apresentado acima (Figura 1), o autor apresenta uma equação para identificar a valência, ou seja, o número de ligações que um átomo pode formar com outros átomos de um determinado elemento ao se combinar. Nesse sentido, o autor poderia ter falado dos aspectos experimentais da valência e como esses dados são obtidos antes de se chegar à relação matemática, mas não foi esse o encaminhamento. Wartha ; Rezende (2015) afirmam que as fórmulas, mecanismos e equações químicas funcionam tanto como ferramenta no trabalho do químico, como também em função de linguagem, permitindo a mediação e a comunicação de conteúdos. No entanto, ao reduzir a multiplicidade química numa simples regra de três, acaba por desconsiderá-la em seu nível experimental ou conceitual. Isso acarreta em uma química que: não está no nível do fenômeno; não implica uma técnica; não está mobilizando conceitos para compreender um fenômeno a ser descrito, criado ou compreendido. O livro adota uma visão axiomática, em que basta “acreditar” ou “saber de cor” a valência de um elemento, como no exemplo apresentado sobre o oxigênio, para aplicá-la diretamente na fórmula, sem questionar a origem ou o processo de obtenção desses dados. Isso é, basta assumir esses dados para calcular.

Diante disso, observa-se que a Matemática presente nos livros analisados é utilizada predominantemente como uma ferramenta auxiliar. No exemplo mencionado, a determinação da valência pode ser realizada de forma simplificada, como por meio do uso da tabela periódica, sem a necessidade de cálculos complexos. Porém, ao se utilizar os cálculos, para compreender a química de forma abrangente, é necessário ir além do simples alcance dos dados axiomáticos e se envolver em cálculos e experimentos que mostram o que está por trás desses resultados. Isto é, a química não deve se limitar a fórmulas prontas, mas sim mobilizar conceitos, de forma a evitar questionamentos, tais como: de onde saem esses dados? Como se sabe isso? Não interessa a obtenção desses dados? Que surgem através de exemplos, como o da valência citado anteriormente.

REPRESENTAÇÃO ATRAVÉS DE ILUSTRAÇÕES DE EXPERIMENTOS

Os livros incluídos nesta subcategoria são L4 e L14. Ao longo desses volumes, observam-se diversas ilustrações que mostram o uso de equipamentos laboratoriais, assim como a realização de alguns experimentos. No caso do L14, que



é um manual de roteiros experimentais, destaca-se o uso de ilustrações que ajudam a prever o que deve ocorrer nos experimentos, ou seja, como o fenômeno se manifesta além do que é visível. Nesse contexto, aparecem representações de soluções em que os átomos são ilustrados como partículas dos elementos, dispostas lado a lado ou de forma isolada. Por exemplo:

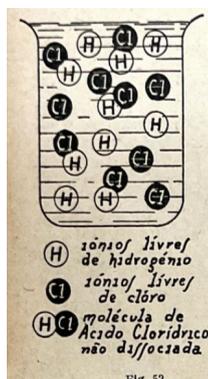


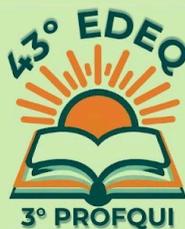
Figura 2: Representação de átomos e moléculas (Leão, 1936).

A ilustração mostra como átomos e moléculas estariam presentes na solução de um experimento do roteiro, destacando a preocupação do autor em evidenciar a disposição dos átomos. O livro é estruturado de forma a apresentar o roteiro experimental, seguido de explicações e representações visuais. Dessa maneira, o estudante pode observar tanto o que é visível no experimento quanto o que não pode ser observado.

É importante considerar o contexto da experimentação nos livros desta subcategoria. Segundo Giordan (1999), a partir do século XVII, a experimentação tornou-se central na Ciência, com abordagens como o Indutivismo e o Dedutivismo, as quais apoiaram o Positivismo.

No entanto, um dos principais problemas dessas abordagens é a redução do papel da teoria. Isso é, ao focar demasiadamente na experimentação, corre-se o risco de ignorar a importância dos modelos teóricos que dão sentido aos dados. Sem a base teórica, a prática experimental pode se tornar um exercício mecânico de coleta de dados, sem uma compreensão do que realmente está ocorrendo nos níveis atômico e molecular. Por isso, é interessante observar que no exemplo apresentado (Figura 2), o autor busca abranger esses níveis também.

Porém, pensando na forma em que é apresentado no livro, quanto ao indutivismo, como vai de experimentos específicos para generalizações (Giordan, 1999), pode levar o estudante a desenvolver conhecimentos isolados e descontextualizados. Por exemplo, em LQ, pode ocorrer dos estudantes aprenderem



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

sobre casos específicos de reações e estruturas moleculares sem conectar esses exemplos a outras ideias e conceitos que constituem o pensamento químico.

REPRESENTAÇÃO POR MODELOS CONCEITUAIS

Os livros desta subcategoria incluem os L8, L17, L19, L20, L26, L27, L30 e L34. O L8 apresenta modelos de ligações, utilizando o modelo atômico de Bohr para representar os elétrons ao redor do núcleo e explicar a valência. Também aborda as valências positiva e negativa, e traz uma figura que ilustra a combinação entre dois átomos e suas valências (Figura 3).

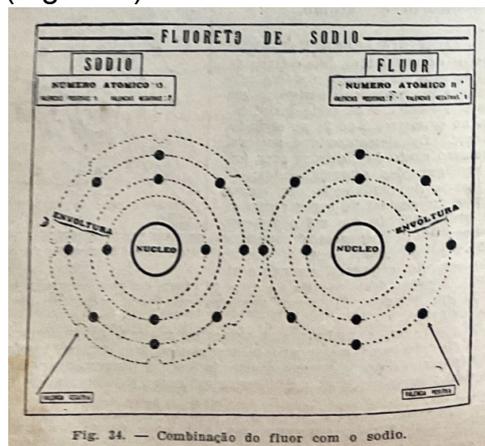
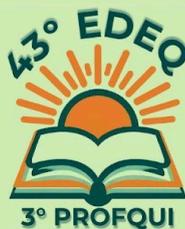


Figura 3: Representação de combinação atômica (Puig, 1932).

Esse mesmo tipo de representação aparece no L34, que também utiliza o modelo de ligação proposto por Kossel, baseado no modelo atômico de Bohr. Segundo Lopes (2009), Bohr publicou "Sobre a constituição de átomos e moléculas", onde, em três artigos, apresentou os fundamentos de sua teoria atômica, desenvolvida a partir dos trabalhos de Rutherford. Ele discutiu os modelos anteriores, analisando suas limitações e incorporando conceitos da teoria quântica. Bohr explicou que os elétrons orbitam o núcleo em níveis específicos de energia, e que a emissão ou absorção de energia ocorre quando os elétrons "saltam" entre esses níveis. Tanto o L8 quanto o L34, ambos de 1932, refletem a forte influência do modelo atômico de Bohr nessa época.

Já o L17 apresenta as estruturas de Lewis, em que o autor explica ser a consequência do modelo de valência cúbico (átomo cúbico de Lewis), onde apesar de citá-lo, não apresenta os detalhamentos de sua proposição. Porém, nos L20 e L30, os autores já o trazem ilustrado:



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

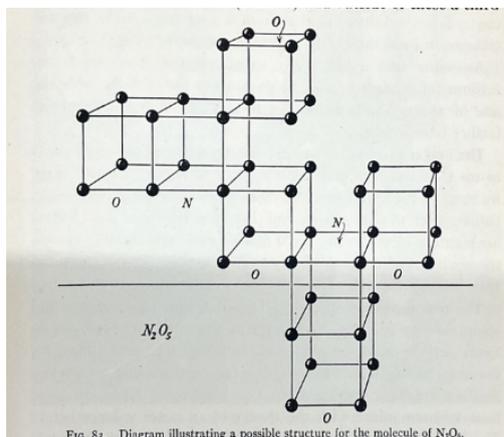


Figura 4: Modelo de LQ do N_2O_5 pelo átomo cúbico (Gordon, 1926)).

Sendo assim, de acordo com Davanzo e Chagas (1992), o modelo atômico de Bohr enfatizava as órbitas, enquanto que o modelo de Lewis enfatizava as camadas eletrônicas. Desta forma, dá conta da estrutura, algo que não acontece com o modelo de Bohr. Então, nesse caso, o modelo de Lewis dá conta até mesmo de compostos apolares.

Em 1916, Lewis publicou o artigo “*The Atom and the Molecule*”, onde introduziu a ideia de que átomos formam ligações compartilhando pares de elétrons, o que deu origem ao modelo de ligação covalente (Lewis, 1916). No entanto, foi apenas por volta de 1925, com o desenvolvimento da mecânica quântica e o trabalho de London (1927) sobre a molécula de hidrogênio, que as concepções de Lewis foram justificadas, consolidando a teoria do par eletrônico na Química (Davanzo ; Chagas, 1992). Isso explica a presença tanto do modelo quanto da teoria de Lewis nos livros L17 (1956) e L20 (1949). No L20, há também representações de orbitais e sua hibridização, explorando teorias de LQ fundamentadas na mecânica quântica.

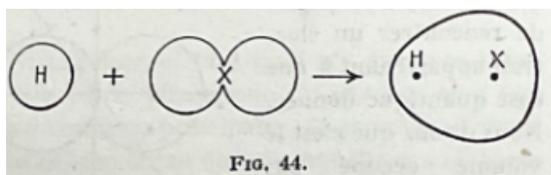


Figura 5: Representação da hibridização de orbitais (Pascal, 1949).

Já que o L20 é do ano de 1949, faz sentido tal representação, uma vez que foi Linus Pauling (1928) quem nota no artigo científico de London que os resultados derivados da mecânica quântica a respeito do compartilhamento de elétrons eram



equivalentes aos postulados por Lewis (Souza ; Aires, 2022). Isso é, “as estruturas eletrônicas compartilhadas atribuídas por Lewis para moléculas como H_2 , F_2 , Cl_2 , CH_4 , etc., também são encontradas por London” (Pauling, 1928, p. 360). Dessa forma, introduziu o conceito de hibridização de orbitais, em que orbitais atômicos de diferentes energias e formas se combinam para formar novos orbitais híbridos equivalentes, que estão mais bem alinhados para a sobreposição e formação de ligações com outros átomos (Souza ; Aires, 2022).

Nesse contexto, a Teoria de Ligação de Valência (TLV) desenvolvida por Heitler e London em 1927 trouxe consigo a ideia de que as ligações entre os átomos são formadas pela sobreposição de orbitais atômicos individuais, permitindo que um par de elétrons seja compartilhado entre dois átomos, conforme tinha sido proposto por Lewis e melhor defendido por Pauling (Souza ; Aires, 2022).

Assim, Harris (2007) afirma que a TLV tornou-se amplamente utilizada até a década de 1950, pois a partir deste período, a TOM alcançou aceitação mais ampla, devido à sua aplicabilidade mais abrangente e à capacidade de descrever moléculas complexas e sistemas com ligações deslocalizadas. Como o L20 é de 1949, isso justifica a presença, mesmo que ainda breve e introdutória, da TLV.

REFLEXÕES ACERCA DAS REPRESENTAÇÕES NOS LIVROS HISTÓRICOS E RAROS

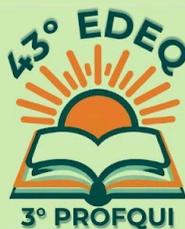
Para Bachelard (1977), existem dois tipos de descrição para o objeto: como o percebemos; e o como pensamos. Assim, o objeto percebido se refere ao que se é experimentado diretamente pelos sentidos, enquanto que o objeto pensado envolve uma compreensão mais profunda e intelectual, alcançada através do pensamento científico.

Quando se descreve um objeto percebido, estamos apenas lidando com suas aparências superficiais, associando-o a outros objetos percebidos de forma semelhante, no “plano homogêneo do percebido” (Bachelard, 1977, p. 130). O que significa que a percepção do objeto é limitada a comparações e associações imediatas entre aquilo que é visto. Assim, “esclarecer o percebido é simplesmente multiplicar as associações da percepção” (Bachelard, 1977, p. 130).

Por outro lado, o objeto pensado, também dito como objeto científico, não se limita a essas associações superficiais. Para esclarecê-lo é necessário engajar-se em um processo de “nominalização progressiva” (Bachelard,, 1977, p. 130), o que

Apoio

Página 8



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

implica em entender suas propriedades e comportamentos por meio de um conhecimento acumulado e progressivo. Segundo Bachelard (1977), todo objeto científico carrega a marca desse progresso do conhecimento, ou seja, é compreendido através dos avanços de intelectuais e metodológicos no campo científico.

Ao refletir sobre a educação química, especialmente em relação aos Livros Históricos e Raros analisados e o conceito de LQ, essa distinção proposta por Bachelard (1977) - embora ele não trate especificamente do Ensino de Química, o que aqui nos propomos a discutir utilizando sua perspectiva como inspiração para nosso pensamento - reflete o desafio de converter as percepções sensoriais ou representações simples em compreensão científica profunda e abstrata. Assim, também é possível perceber quais as percepções propostas nos livros, ou seja, identificar se o foco é objeto percebido ou pensado.

Neste sentido, as Representações Matemáticas discutidas neste trabalho, são frequentemente utilizadas de forma superficial, apenas como uma ferramenta e sem um aprofundamento conceitual. Isso sugere uma abordagem mais ligada ao objeto percebido, uma vez que as fórmulas e equações são apresentadas de forma mecânica, ou seja, essas representações são vistas, mas não profundamente pensadas.

As Representações através de Ilustrações de Experimentos, predominantemente positivistas, tendem a estabelecer pouca associação com o conceito científico mais profundo. Bachelard (1977) critica essa abordagem, pois trata como foco o objeto percebido, onde a ênfase está na reprodução dos fenômenos observáveis, - e também de modelos de fenômenos não observáveis - do que na compreensão dos princípios subjacentes, isso é, “a percepção de um objeto apresenta-se como um signo sem significação em profundidade” (Bachelard, 1977, p. 130).

De outro modo, a Representação por Modelos Conceituais, ao buscar representar as teorias, mostram-se tentativas de se pensar o objeto científico. Neste caso, os modelos oferecem uma abstração em busca de uma compreensão dos fenômenos.

Em vista disso, a representação é utilizada para facilitar a compreensão da ideia, no entanto, torna-se perigosa quando é tomada como verdade, como sendo a ideia em si. Por isso, faz-se necessário o leitor ter em mente a consciência de que os modelos são apenas representações de ideias, mas jamais



a ideia, pois isso pode vir a prejudicar a compreensão do conceito e sua articulação com outras ideias a serem tratadas posteriormente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os livros analisados, situados entre os séculos XIX e XX, refletem tanto o objeto percebido - ou seja, a tentativa de dominar o conhecimento pelo visível - quanto o objeto científico proposto por Bachelard (1977). Sendo assim, é necessário levar em consideração que apenas o progresso contínuo na reflexão e teorização científica é capaz de transformar o conhecimento percebido em conhecimento pensado, permitindo uma compreensão do fenômeno. Assim, o avanço do conhecimento pode ser observado no momento em que deixa de ser apenas a descrição visual ou matemática dos objetos, mas a transformação desses objetos em ideias abstratas e teóricas.

Quanto ao conceito de LQ, isso se torna crucial, uma vez que é um conceito fundamental para se pensar quimicamente. Por isso, a representação é como uma mediação simbólica, assim, são úteis para facilitar a visualização e a compreensão de aspectos específicos, mas é fundamental lembrar que são apenas representações, não capturando completamente a essência do objeto ou conceito representado. Manter essa distinção clara é crucial para evitar interpretações equivocadas e promover uma articulação mais precisa com outras ideias.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. T. de; FERREIRA, G. A.; COSTA, J. M. da; RODRIGUES, J. B. S.; MONTEIRO JR., J. M. de A. Situações de aprendizagem para o ensino de ligações químicas. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2., 2015, Campina Grande. **Anais** [...]. Campina Grande: [Editora], 2015.

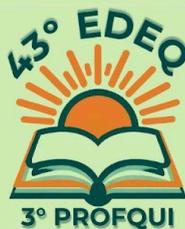
BACHELARD, G. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

BIBLIOTECA NACIONAL (Brasil). **Obras raras**. 2024. Disponível em: <https://antigo.bn.gov.br/explore/acervos/obras-raras>. Acesso em: 20 set. 2024.

DAVANZO, C. U.; CHAGAS, A. P. Gilbert Lewis e a revolução dos pares eletrônicos. **Química Nova**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 152-154, set. 1992.

GIL, A. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2010.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 10, p. 43-49, 1999.



21 A 23/11/2024 - UNIPAMPA E IFSUL BAGÉ

HARRIS, M. L. Chemical reductionism revisited: Lewis, Pauling and the physico-chemical nature of the chemical bond. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 39, n. 1, p. 78-90, 2007.

LEWIS, Gilbert N. The atom and the molecule. **Journal of the American Chemical Society**, v. 38, n. 4, p. 762-785, 1916.

LOPES, Cesar Valmor Machado. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução à física quântica**. 2009. Tese (Doutorado em Física) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.

PAULING, L. The shared-electron chemical bond. **National Academy of Science**, v. 14, n. 4, p. 359-362, 1928.

SILVA, W. O. A descrição bibliográfica de livros raros e especiais e as diretrizes consagradas internacionalmente. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**, v. 19, p. 1-21, 2023.

SOUZA, I. L. N.; AIRES, J. A. A construção coletiva da ligação química por químicos: um estudo sobre a emergência de um fato científico. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 15, n. 2, p. 516-540, 2022.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. **Ciência & Educação**, v. 21, p. 49-64, 2015.

Apoio

Página 11