

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

PUC-SP

Sophia Rodrigues Parisi

**Contribuições da História da Ciência para o ensino de Química: o
modelo científico da geometria molecular e o currículo**

MESTRADO EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA

SÃO PAULO

2021

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
PUC-SP

Sophia Rodrigues Parisi

**Contribuições da História da Ciência para o ensino de Química: o
modelo científico da geometria molecular e o currículo**

MESTRADO EM HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Dissertação apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo como exigência parcial para obtenção do título de MESTRE em História da Ciência sob a orientação da Professora Doutora Maria Helena Roxo Beltran.

SÃO PAULO

2021

BANCA EXAMINADORA

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

Agradecimentos

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida, o que tornou possível a realização deste mestrado.

Agradeço à minha orientadora Maria Helena Roxo Beltran, não só pela orientação durante estes dois anos e meio, mas pelo compartilhamento de experiências no ensino, pelo exemplo de vida docente, e pelo incentivo acadêmico.

Agradeço aos professores do programa, em especial às professoras Márcia Helena Mendes Ferraz e Andrea Bortolotto pelas valiosas sugestões e contribuições no processo de qualificação.

Agradeço à minha família e amigos por todo apoio durante esse processo.

Resumo

Este trabalho promove a discussão do uso dos modelos em sala de aula, e traz para debate a necessidade de explanação dos limites e das transformações presentes nestas representações. Para isso, aponta-se o uso da História da Ciência como ferramenta auxiliadora no processo de ensino aprendizagem, levando em consideração que suas bases são de grande relevância para o processo de ensino e que, além disso, pode trazer a contextualização necessária para o entendimento da construção de um conhecimento científico para o estudante.

O modelo que escolhemos para pautar nossa pesquisa foi o da geometria molecular, devido à tridimensionalidade das moléculas, que faz necessário um poder maior de imaginação dos alunos na concepção mental destes modelos e na aceção da ideia espacial da disposição dos átomos nas moléculas.

No desenvolvimento deste estudo, buscamos verificar a forma como os modelos são abordados nos livros didáticos de Química, como é feita sua descrição, e o tipo de abordagem histórica utilizada na concepção do conteúdo. Além disso, consideramos também, a partir do estudo de textos originais, como ocorreu a construção e desenvolvimento dos modelos de geometria molecular. Analisamos também estudos que descrevem como foi sua inserção nos livros didáticos.

A discussão da interface entre a História da Ciência e o ensino de Química, neste trabalho, pode contribuir para reflexão e discussão da gênese e da transformação de conceitos e na análise dos diversos modelos de elaboração de conhecimentos. Além disso, a análise dos livros didáticos selecionados possibilitou constatar que a abordagem histórica dos conteúdos vai de encontro aos objetivos elencados nos Parâmetros Curriculares Nacionais e no Guia Nacional do Livro Didático de Química 2018, pois não atendem a seus objetivos completamente.

Palavras chaves: História da Ciência e ensino; Ensino de Química; Geometria molecular, Currículo de Química.

Abstract

This work promotes the discussion of the use of models in the classroom and brings to debate the need to explain the limits and transformations present in these representations. For this, it is pointed out the use of the History of Science as a helping tool in the learning process, taking into account that its bases represent great relevance to the teaching process and it can bring the necessary contextualization for the understanding of the construction of scientific knowledge for the student.

The model we chose to guide our research was the molecular geometry, due to the three-dimensionality of the molecules, which makes a greater power of imagination of the students in the mental conception of these models and in the sense of the spatial idea of the arrangement of atoms in molecules necessary.

This study develops aiming to verify how the models are dealt with in Chemistry textbooks, how their description is made, and the type of historical approach is used in the conception of the content. Parallel to that, it is also considered, from the study of original texts perspective, how the construction and development of molecular geometry models occurred. It is also analyzed studies that describe how it was included in textbooks.

The discussion of the interface between the History of Science and the Chemistry teaching, in this work, can contribute to reflection and discussion of the genesis and transformation of concepts and in the analysis of the various models of knowledge elaboration. In addition, the analysis of the selected textbooks made it possible to verify that the historical approach of the contents goes into another direction taking into account the objectives listed in the National Curricular Parameters and in the National Guide of Chemistry textbook 2018, since they do not meet their objectives completely.

Keywords: History of Science and teaching; Chemistry teaching; Molecular geometry; Chemistry curriculum.

Sumário

Introdução	9
Capítulo 1 – O modelo em Ciência	12
1.1 Modelos em Química.....	12
1.2 Modelos de Geometria Molecular.....	13
1.3 Modelos no ensino de Química.....	20
1.4 História da Ciência no ensino de Química.....	26
1.2 História da Ciência no ensino de geometria molecular.....	33
Capítulo 2 – Análise dos livros didáticos de Química	39
2.1 Reformas e tendências educacionais X Inserção dos modelos nos livros didáticos.....	42
2.2 Histórico da pesquisa do livro didático de Química.....	49
2.3 Critérios de análise dos livros didáticos conforme Guia do PNLD de 2018....	57
2.4 Alguns aspectos da abordagem dos modelos científicos de Geometria Molecular presentes nos livros didáticos: seleção de tópicos relevantes.....	59
2.5 Análise dos livros didáticos de Química selecionados.....	61
Considerações finais	74
Bibliografia	76

Introdução

A Química, disciplina importante da área de Ciências Naturais, estuda a composição da matéria, sua estrutura, propriedades e transformações e está presente no currículo escolar brasileiro há muitos anos. Segundo a proposta curricular do Estado de São Paulo, divulgada em 2011, ela pode ser um instrumento da formação humana, que amplia os horizontes culturais e a autonomia, no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade.¹

Um dos temas recorrentes na apresentação de conteúdos e teorias são os modelos científicos, importantes na Ciência, pois são criados para melhor elucidar os fenômenos microscópicos dos objetos estudados e é através deles que podemos gerar explicações e prever eventos.² Uma das maiores dificuldades associadas ao ensino desses conteúdos está relacionada à forma abstrata da qual essa Ciência se vale para explicar fenômenos observáveis em termos microscópicos (não observáveis) e à maneira como estes modelos são geralmente abordados, tanto em sala de aula quanto nos livros didáticos de Química. Por serem representações da realidade não palpável em estudo, os modelos acabam gerando muitas dúvidas, dificuldades de compreensão e interpretações equivocadas nos estudantes, pois eles, muitas vezes, não conseguem assimilar nem diferenciar premissas cruciais na elucidação dos modelos.

Este trabalho promove a discussão do uso dos modelos em sala de aula, e traz para debate a necessidade de explanação dos limites e das transformações presentes nestas representações. Para isso, aponta-se o uso da História da Ciência como ferramenta auxiliadora no processo de ensino aprendizagem, levando em consideração que suas bases são de grande relevância para o processo de ensino, e que, além disso, pode trazer a contextualização necessária para o entendimento da construção de um conhecimento científico para o nosso aluno.

O modelo que escolhemos para pautar nossa pesquisa foi o da geometria molecular devido a tridimensionalidade das moléculas, que faz necessário um poder maior de imaginação dos alunos na concepção mental destes modelos e na acepção da ideia espacial da

¹ Secretaria da Educação. Currículo do Estado de São Paulo: Ciências Naturais e suas Tecnologias. 1 ed. Atual – São Paulo: SE, 2011. p. 126.

<https://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf>.

² Blanco-Anaya; Justi; e Bustamente. “Challenges and opportunities analysing students modelling”, 379.

disposição dos átomos nas moléculas. Também ao fato, de que este conteúdo geralmente é tratado no ensino, como ideia pronta e acabada, principalmente, nos livros didáticos, sendo resumido à apresentação da teoria de repulsão de pares de elétrons na camada de valência, uma tabela bidimensional com os diferentes modelos geométricos e uma representação dos modelos por bexigas de látex ou beringelas, como também são conhecidos. Isso leva a ideias equivocadas sobre esse conhecimento, como se ele tivesse sido alcançado de prontidão, sem debates científicos ou modelos anteriores. Portanto, buscamos verificar a forma como os modelos são abordados nos livros didáticos de Química, como é feita sua descrição, e o tipo de abordagem histórica utilizada na concepção do conteúdo. Além disso, consideramos também, a partir do estudo de textos originais, como ocorreu a construção e desenvolvimento dos modelos de geometria molecular. Analisamos também estudos que descrevem como foi sua inserção nos livros didáticos.

Os livros didáticos constituíram um dos focos desta pesquisa por acreditarmos, com base em estudos já realizados, que um dos motivos para as incompreensões de modelos científicos por parte dos estudantes, possa estar relacionada ao tratamento desses conteúdos nesses materiais instrucionais, que, como veremos adiante, são veículo de informação mais importante e de mais fácil acesso aos professores e alunos de muitas escolas em âmbito nacional. De acordo com Bittencourt, a importância de utilizar o livro didático como objeto e fonte de pesquisa relaciona-se ao fato de ser o material didático mais utilizado nas escolas a partir do século XIX nos diversos países do mundo ocidental.³ Por esta razão, concordamos com pesquisadores dos livros didáticos que explicitam a importância de se entender o processo de como o livro didático é elaborado em diferentes contextos de tendências políticas e pedagógicas.⁴

Como mencionado, buscaremos a abordagem histórica que estes livros utilizam para desenvolver os conteúdos, isto porque nossa proposta está vinculada a um aprimoramento do ensino aprendizagem da geometria molecular através de uma interface entre a História da Ciência e o ensino.⁵ Pensamos na análise da abordagem histórica nos livros didáticos,

³ Bittencourt. “Abordagens históricas sobre a história escolar”.

⁴ Choppin. “História dos livros e das edições didáticas”, *Educação e Pesquisa*; Mortimer. “A evolução dos livros didáticos de química”, *Em aberto*; Schnetzler. “Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos”. *Quim. Nova*.

⁵ Beltran; Saito; & Trindade. *História da Ciência para Formação de Professores*. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física.

pois entendemos que de maneira geral, a História da Química neles apresentada é demasiadamente sucinta e acaba por não aproximar a Química dos estudantes, e nem desmistifica a concepção imediatista da Ciência. Enfatizando os grandes feitos e os grandes cientistas, descontextualizadas de seu período, os livros didáticos de forma geral, não abordam como se deu a construção de conhecimentos, e acabam por mecanizar o ensino, apresentando os conhecimentos, especialmente os relativos à geometria molecular, como prontos, imutáveis, neutros e a-históricos, quando na realidade a Ciência é uma construção humana, dinâmica, não neutra e sempre sujeita a mudanças.

Para desenvolvimento do trabalho debatemos no capítulo um, sobre o que são os modelos em Ciência, os modelos na Química, e o modelo, em específico, para a geometria molecular, abordando por um lado, a visão do professor e por outro, a do aluno. Também discutiremos a relevância da História da Ciência no ensino e no ensino da geometria molecular.

No segundo capítulo, abordaremos as mudanças curriculares pelas quais a disciplina de Química passou e as reformas de ensino que permearam estes períodos. Discutiremos a importância do livro didático no ensino, e a análise de livros didáticos de Química, conforme critérios expressos no Guia Nacional do Livro Didático de 2018. Além disso, analisamos o tratamento dos conhecimentos referentes a geometria molecular numa seleção de livros didáticos, destacando alguns tópicos.

Visando contribuir para o debate da interface entre a História da Ciência e o ensino de Química, o objetivo do presente trabalho é investigar o conteúdo de História da Ciência presente em livros didáticos de Química, analisados e aprovados pelo guia do Programa Nacional do Livro Didáticos de Química para o Ensino Médio, utilizando como um dos instrumentos críticos, as perspectivas historiográficas da História da Ciência mais recentes, que procuram desmistificar o gênio, o herói solitário, a evolução da Ciência que caminha no sentido de progresso e a visão do passado com os olhos do presente.

Capítulo 1 – O modelo em Ciência

1.1 Modelos em Química

Tomando como tema em foco os modelos científicos, abordamos, inicialmente neste capítulo, o modelo em Ciência, e em especial na Ciência Química, focalizando no modelo escolhido por nós para análise, da geometria molecular dos compostos. Em seguida, passemos a estudar o modelo no ensino, tanto na perspectiva do professor quanto na do aluno.

A Química é uma área que estuda absolutamente quase tudo que nos cerca, é um conhecimento que pode ser base do desenvolvimento econômico e tecnológico do país, e está presente em várias áreas da indústria. Essa Ciência se utiliza de observações experimentais macroscópicas e de modelos que pretendem explicar tais observações. A elaboração de modelos auxilia, portanto, o processo de representação e “visualização” do mundo microscópico e submicroscópico, não palpável e, por vezes, abstrato de determinados conceitos dessa Ciência.

A observação da natureza permite ao cientista criar modelos e teorias que devem ser testados, a fim de se avaliar a extensão da aplicabilidade da teoria desenvolvida. Portanto, modelos teóricos são representações de fenômenos ao nível não observável. Sendo assim, os modelos constituem uma idealização do real, e devem ser aceitos pela comunidade científica como coerentes para explicação dos fenômenos em estudo.⁶

Dada a abstração de muitos desses modelos, é comum utilizar representações concretas, ou seja, modelos físicos palpáveis, para auxiliar na “visualização” do nível microscópico e não observável dos fenômenos e na compreensão dos conceitos e teorias. Além dos modelos físicos, existem outros recursos para assimilação de conhecimento, tais como as analogias e as representações dos modelos físicos ou teóricos na forma de imagens. Cada tipo de modelo ou representação seleciona e salienta uma determinada classe de aspectos do sistema modelado.

As analogias são comparações relacionais, estabelecidas entre domínios, já os modelos podem ser, de maneira geral, teóricos, físicos ou representacionais. Os modelos

⁶ Melo & Lima-Neto. “Dificuldades de Ensino e Aprendizagem”, 1.

representacionais, ou representações, são as imagens dos modelos propostos pelos cientistas e filósofos, os modelos teóricos são os modelos construídos por eles com base em um conjunto de postulados e conceitos fundamentais estudados e determinados. E, os modelos físicos, são as representações tridimensionais e proporcionais dos modelos estudados, e podem ser construídos com diversos materiais.⁷

Na Química, os modelos são elaborados pelos cientistas para explicar fenômenos, e para criação e resolução de problemas, pois ao relacionar o mundo macroscópico e o microscópico, os químicos pensam em termos de teoria e modelo. Castro aponta que, na Química, um modelo tem por finalidade ajudar a interpretar os fenômenos químicos, permitir a predição do comportamento dos sistemas químicos e estabelecer as adequadas correlações entre conjuntos bem definidos de dados experimentais e cálculos teóricos. O estudo de fenômenos químicos inevitavelmente recorre a alguma aproximação, por meio de modelos científicos.⁸

Dessa forma, os modelos tridimensionais da geometria molecular, foco deste estudo, nada mais são do que representações esquemáticas das estruturas dos compostos químicos com o intuito de compreender as propriedades desses compostos e de suas ligações. Pois bem, chegar à concepção atual de geometria molecular foi um desafio que se intensificou no final da primeira metade do século XX.

1.2 Modelos de Geometria molecular

A elaboração desses modelos teve como um dos marcos o ano de 1957, quando o químico britânico Ronald Gillespie (1924-2021) e o químico australiano Ronald Sydney Nyholm (1917-1971), propuseram-se a analisar com maior profundidade a relação entre a disposição espacial dos átomos nas moléculas e o número de elétrons de valência no átomo central. Com isso, discutiram uma concepção teórica divulgada em 1940 pelos ingleses Nevil Sidgwick (1873-1952) e Herbert Powell (1906-1991), em seu artigo sobre os tipos estereoquímicos e os grupos de valência, tendo como base os estudos de ligações covalentes de Lewis (1875-1946).⁹

⁷ Bezerra. “Estruturas conceituais e estratégicas de investigação”. *Scientia & Studia*, 588.

⁸ Castro. “El empleo de modelos en la enseñanza de la química”, 73-79.

⁹ Gillespie, R. J. “Electron densities and the VSEPR model of molecular geometry”. *Can. J. Chem.* V.70, (1992) 742-750. <https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/v92-099>;

Gillespie, R. J. “This week’s citation classic. Gillespie e Nyholm: Inorganic stereochemistry.” *Current Contents* v.19, (7 de maio de 1984) 1; Sidgwick, N. V. & Powell, H. M. “Stereochemical types and

A concepção de geometria molecular e, em especial, a disposição tetraédrica do carbono já havia sido defendida pelo químico holandês Jacobus Henricus Van't Hoff (1852-1911), e pelo francês Joseph Le Bel (1847-1930), em 1874, quando propuseram que o arranjo espacial do carbono não é planar, mas mantém os grupos ligados ao átomo central direcionados para os quatro vértices de um tetraedro. Em sua publicação Van't Hoff apresentou figuras, mostrando os possíveis arranjos de átomos em compostos de carbono, bem como as possibilidades de ligações entre eles.¹⁰ Segundo Silva, Fonseca & Freitas, a disposição tetraédrica do carbono teve como ponto de partida a noção de carbono tetravalente, como sugerido pelo químico alemão Friedrich August Kekulé (1829-1896), que primeiramente postulou uma teoria da estrutura molecular para explicar como os átomos de carbono se ligam entre si para formar longas cadeias em compostos orgânicos. O conhecimento de geometria molecular se sustentou, inicialmente, no entendimento do átomo como entidade elementar da matéria e da teoria de valência, seguido pelos estudos de atividade óptica em enantiômeros.¹¹

Depois da descoberta dos elétrons, inúmeras tentativas foram feitas para desenvolver uma teoria eletrônica da ligação química. Isto culminou no trabalho de Lewis, que publicou um artigo em 1916 que forma a base para a moderna teoria eletrônica da valência. Nesse artigo, Lewis discutia também a formação da ligação química, agora chamada de ligação covalente, pelo compartilhamento de dois elétrons entre os átomos.¹²

O artigo “*The atom and the molecule*”, publicado em 1916 por Lewis, aborda as propriedades das substâncias polares e apolares e as considera como uma consequência das interações eletrônicas na camada de valência dos átomos envolvidos. Levando em conta as mesmas propriedades, propõe que as forças das ligações e interações intermoleculares seriam explicadas levando em consideração a bipolaridade das moléculas e a afinidade eletrônica de cada átomo. Ele argumentou também, que as propriedades das substâncias podiam ser explicadas através da “teoria do átomo cúbico”. Anos antes, o químico alemão Abegg (1869-1910), observou que a diferença entre o número máximo de valência positiva ou negativa ou número polar dos elementos é

valency groups”. *Proceedings of the Royal Institution* v. 176, n°965 (1940) 153-180.

<https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspa.1940.0084>; Lewis, G. N. “The Atom and the Molecule”. *Journal of the American Chemical Society* v.38, n°4 (abril de 1916) 764-767.

<http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/bond/papers/corr216.3-lewispub-19160400-25.html>.

¹⁰ Beltran. “O tetraedro de Van't Hoff: algumas considerações sobre o papel dos modelos”, 4-6.

¹¹ Silva; Fonseca; & Freitas. “Uma breve História da Geometria Molecular”, 632.

¹² Pauling, L. *The nature of the chemical bond and the structure of molecules and crystal*, 4-5.

frequentemente oito. O que levou Lewis a pautar seu conceito de ligação covalente na regra do octeto.¹³

Lewis sugeriu que as combinações químicas acontecem de modo a redistribuir os elétrons dos átomos envolvidos para adquirirem um arranjo mais estável, e que numa combinação química poderá existir uma variação de zero a oito elétrons. Assim, a ligação pode acontecer por meio do compartilhamento de elétrons entre dois átomos, em que de alguma forma a valência de ambos os átomos é satisfeita, por isso o termo ligação covalente. A representação desses conceitos são as estruturas de pares de elétrons de Lewis usadas até hoje.¹⁴

Como resultado dos esforços dos químicos para elucidar o problema da disposição espacial dos átomos em compostos opticamente ativos, os arranjos espaciais de muitas substâncias orgânicas e inorgânicas já haviam sido propostos até a década de 1930. Sidgwick contribuiu significativamente para a compreensão das ligações químicas e dos arranjos moleculares, já que em 1927, publicou o livro *The electronic theory of valence*, no qual as teorias atômicas de Rutherford (1871-1937) e Bohr (1885-1962) e, principalmente, a noção de ligação química de Lewis foram complementarmente utilizadas para explicar os fenômenos químicos no nível microscópico e estabelecer relações entre as teorias e a organização da tabela periódica. Nesse livro, a discussão acerca da estrutura tridimensional das moléculas inorgânicas limita-se aos exemplos do campo da estereoquímica e análise de substâncias opticamente ativas.¹⁵

A publicação de Nevil Sidgwick e Herbert Powell, "*Stereochemical types and valency groups*", estuda os arranjos espaciais das covalências de átomos polivalentes. O estudo mostra que embora sujeita a pequenas variações, as covalências tendem a conformar-se a um número bastante limitado de tipos, de acordo com o número de ligações, a natureza dos átomos ligados, e a forma que eles estão unidos. Para a classificação desses tipos, os autores expressam:

“É desejável relacionar esses agrupamentos a alguma propriedade familiar do átomo. A propriedade aqui usada é o tamanho (na concepção de Lewis) do grupo de valência do átomo central, e o número de elétrons compartilhados que ele

¹³ Lewis, G. N. "The Atom and the Molecule", 764-767.

¹⁴ Silva; Fonseca; & Freitas. "Uma breve História da Geometria Molecular", 641.

¹⁵ Ibid, 641-642.

contém, juntamente com o do grupo eletrônico precedente (não compartilhado) no átomo.”¹⁶

Os resultados experimentais mostraram que quase todas as estruturas podem ser ainda mais simplesmente relacionadas ao tamanho do grupo de valência ao assumir que a principal posição do par de elétrons deste grupo são os mesmos, estando compartilhados ou não, sendo a estrutura linear para quatro elétrons, plano simétrico para seis, tetraedro ou plano para oito, bipirâmide trigonal para dez e octaédrica para doze. Tais resultados puderam ser alcançados através de técnicas de investigação que resultaram em evidências empíricas acerca da estrutura da matéria:

“A determinação experimental das posições relativas no espaço do átomo em uma molécula agora pode ser efetuada por uma variedade de métodos, dos quais a medição da difração de raios-x por sólidos e elétrons por vapores, de espectros de absorção e espectros Raman, e em casos particulares de atividade óptica e momentos de dipolo elétrico, estão entre os mais importantes.”¹⁷

O conhecimento destas posições relativas vinha ganhando grande importância por dois motivos, primeiro porque elas eram fundamentais na determinação da possibilidade de ressonância entre estruturas diferentes; em segundo lugar porque, do ponto de vista da dinâmica química, foi entendido que o calor de ativação¹⁸ é, em grande parte, a energia necessária para colocar os átomos em suas posições apropriadas para a reação. Teoricamente, o cálculo da relação entre a estrutura eletrônica e as direções das covalências vinha fazendo grande progresso, principalmente como resultado de dois meios de ataque, o de par de elétrons localizado, e dos orbitais moleculares, que passou a ser percebido como sendo apenas duas aproximações iniciais que conduzem à mesma solução final. Estes métodos fizeram com que fosse possível a relação da estereoquímica das moléculas com o número de elétrons, compartilhados ou não, em átomos polivalentes, e com os subgrupos eletrônicos em que estes ocupavam. Naquele momento havia químicos que acreditavam que essas investigações teóricas estavam sujeitas a algumas desvantagens pois os resultados informavam apenas os arranjos possíveis e não aqueles

¹⁶ Sidgwick; & Powell. “Stereochemical types and valency groups”, 153.

¹⁷ Ibid., 154.

¹⁸ Termo traduzido do original de Sidgwick & Powell. “since we now realize that the heat of activation is largely the energy required to bring the atoms into their proper positions for reaction”, p.154.

que realmente seriam determinados ou porque nem sempre era possível identificar o orbital das ligações em uma determinada molécula.¹⁹

Apesar disso, para Sidgwick e Powell:

“ainda parecia valer a pena coletar as evidências experimentais quanto à estereoquímica dos átomos polivalentes e tentar relacioná-los com a expressão mais simples da estrutura eletrônica, o tamanho dos grupos de valência e o número de elétrons compartilhados que eles contêm.”²⁰

A maioria dos dados considerados neste estudo, são os resultados das análises de difração de raios-x, e a interpretação de tais resultados em termos de ligação molecular. Com seus estudos e a análise dos resultados experimentais, os autores concluíram que ao comparar os tipos estereoquímicos com o tamanho do grupo de valência como um todo, e assumir que o par eletrônico ocupa as mesmas posições estando compartilhados ou não, pode-se admitir que este tamanho é intimamente relacionado com, e na maioria os casos determinando unicamente, o tipo de arranjo espacial adotado.²¹

O canadense Gillespie e o australiano Nyholm foram os químicos responsáveis pela refinação dos conceitos por trás da forma como as moléculas se organizam tridimensionalmente. O modelo de Sidgwick e Powell não respondeu alguns problemas mais específicos sobre a ligação covalente, tais como detalhar os mecanismos de formação de uma ligação entre as camadas de valências e explicar como os pares de elétrons se distanciam uns dos outros.

Em 1957, Gillespie e Nyholm apresentaram um modelo que se constituiu na “Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência”, VSEPR, do inglês Valence Shell Electron Pair Repulsion Theory, onde é mostrado que as formas de uma ampla variedade de moléculas inorgânicas podem ser entendidas com base na ideia da repulsão dos pares ligantes e não ligantes de um átomo central e os efeitos desses na configuração espacial da molécula, os autores utilizam os conceitos de hibridização de orbitais atômicos, ligações duplas e triplas, e o princípio da exclusão.

¹⁹ Sidgwick; & Powell. “Stereochemical types and valency groups”, 154.

²⁰ Ibid., 154.

²¹ Ibid., 155-164.

Gillespie conta que o arranjo básico de dois a seis pares de elétrons, onde o par elétrico esférico dominante ficaria o mais próximo possível no núcleo do átomo, foi proposto por Sidgwick e Powell em 1940 e foi fundamental para o modelo de VSEPR, o qual formou a base para a previsão dos formatos moleculares. O modelo da VSEPR é um desenvolvimento da ideia de Lewis de que a ligação covalente pode ser representada como um par de elétrons compartilhados. Esta ideia clareou diversas confusões feitas entre valência e ligação.

“Agora entendemos que a base fundamental do conceito do par de elétrons é o princípio de exclusão de Pauli. O modelo da VSEPR, que é uma extensão do modelo de Lewis, é similarmente baseado no princípio de exclusão de Pauli, que tem um grande papel na determinação da distribuição eletrônica dos elétrons na molécula.”²²

Neste artigo de 1957, Nyholm e Powell foram além deste arranjo básico de pares de elétrons ao apontar que nem todos os pares de elétrons na camada de valência deveriam ser considerados como equivalentes.

“[...] é mais simples, mais realista e menos suscetível a interpretação errônea que este é um modelo clássico eletrostático que expressa o modelo da VSEPR em termos de tamanhos e formatos do par de elétrons localizado do que em termos de repulsão de par de elétrons.”²³

Em 1984, Gillespie publicou uma revisão de seu artigo com Nyholm, “*Inorganic stereochemistry*”, onde expressa os motivos que os levaram à construção deste modelo. Eles estavam preocupados com a melhor maneira de fazer com que os estudantes compreendessem os formatos das moléculas inorgânicas. À época, os formatos moleculares eram normalmente discutidos em termos da teoria do orbital híbrido de Pauling, e embora esta teoria tivesse levado a grandes compreensões das ligações químicas e da estrutura molecular, os autores ainda estavam insatisfeitos. Segundo Gillespie:

“Nós estávamos intrigados pela simples relação entre a geometria das ligações ao redor do átomo e do número de pares de elétrons na camada de valência que tinha sido apontada anteriormente por Sidgwick e Powell. Nos propusemos a mostrar que suas simples ideias poderiam ser usadas para explicar as formas das

²² Gillespie. “Electron densities and the VSEPR model of molecular geometry”, 743.

²³ *Ibid.*, 743.

moléculas na tabela periódica. Aachamos que poderíamos explicar os formatos de todas as moléculas do tipo AX_n baseados nos pares eletrônicos na camada de valência do átomo central permanecerem o mais distante possível um do outro. Além disso, levando em consideração as diferenças entre os pares de elétrons ligantes e não ligantes, podemos explicar pequenos desvios das formas básicas idealizadas que não haviam sido satisfatoriamente explicadas.”²⁴

Basicamente, a diferença existente entre os modelos de Sidgwick-Powell e Gillespie-Nyholm, é que no último a geometria molecular pode ser prevista a partir do conhecimento da hibridização dos orbitais correspondentes e do número de pares ligantes e não ligantes da camada de valência. Enquanto a orientação dos pares de elétrons é determinada pela quantidade de orbitais atômicos envolvidos na ligação, a geometria molecular é definida pela quantidade de pares ligante e não ligantes do átomo central.²⁵

Enfim, a proposta da estrutura molecular dos compostos orgânicos começou com a ideia tetraédrica do carbono, que foi lançada numa época em que a própria concepção atômica da matéria ainda não era unanimidade entre os cientistas. Tanto é que químicos tão importantes quanto Kolbe e Berthelot combatiam essa concepção. Os que defendiam a teoria atômica pensavam no átomo como uma partícula pequena que podia formar um certo número de ligações com outros átomos, de acordo com sua valência. Fenômenos como a isomeria exigiram que se pensasse na tridimensionalidade dos arranjos atômicos e ao mesmo tempo, ao considerar a geometria das moléculas tornou possível prever o número de isômeros, a atividade ótica e até mesmo as possibilidades de reações das substâncias.²⁶

Percebemos que a necessidade de entender as estruturas moleculares dos compostos abriu espaço para imaginar como ocorriam as ligações entre os átomos, gerando esquemas para representar tais ligações, como foi o caso das fórmulas estruturais. As investigações e compreensões das ligações químicas levaram a concepção de moléculas tridimensionais e seus efeitos sobre elas, e a representação das fórmulas químicas trouxe mais imaginação para questão da estrutura dessas moléculas, aprimorando estas até a representação em modelos moleculares físicos, para apresentações em palestras. Por mais que aqui já se tenha a construção de um modelo físico destas estruturas, devemos concordar com Beltran

²⁴ Gillespie, R. J. “This week’s citation classic. Gillespie e Nyholm: Inorganic stereochemistry”, 1.

²⁵ Silva; Fonseca; & Freitas. “Uma breve História da Geometria Molecular”, 643-644.

²⁶ Beltran. “O tetraedro de Van’t Hoff: algumas considerações sobre o papel dos modelos”, 6-7.

quando a pesquisadora ressalta que até então estes eram vistos apenas como um meio didático de explicação e de melhor elucidação da concepção das estruturas moleculares do momento. Segundo Beltran, as representações espaciais das moléculas orgânicas, anteriormente utilizadas como recursos didáticos apenas, expressavam e divulgavam, ao mesmo tempo, a concepção atômica da matéria, ou seja, um modelo mental. Com Van't Hoff, os modelos passaram a ser explorados como argumentos em favor de suas ideias.²⁷

Do que foi visto até aqui, pôde-se perceber alguns aspectos dos debates sobre a estrutura da matéria desenrolados no início do século XX. Experimento de difração de raio X e espectroscopia, entre outros, exigiam propor e aprimorar ideias sobre a disposição dos átomos em moléculas e em cristais, bem como sobre o comportamento dos elétrons nas ligações químicas. Assunto complexo e que, se abordado no ensino médio, deve ser tratado evidenciando o papel dos modelos na Ciência e, em particular, na Química.

1.3 Modelos no ensino de Química

Até aqui, compreendemos o que são e para que servem os modelos em Ciência. Analisamos diretamente como se deu a construção desse conhecimento e elaboração das ideias das estruturas que tentariam explicar a disposição espacial dos átomos nas moléculas. E, principalmente, o que levou os cientistas a se preocuparem e pensarem nesses desdobramentos com o passar do tempo e da necessidade de se aprimorar o ensino destas. A partir de agora, é importante que delimitemos o foco dessa nossa dissertação, elucidando ao leitor, os caminhos percorridos por nosso pensamento.

Primeiro, buscamos entender formas de abordar esse conhecimento atualmente nas salas de aula, recorrendo aos materiais didáticos mais frequentemente utilizados pelos professores em seu ensino. De imediato nos lembramos dos livros didáticos e na utilização de materiais de apoio para “visualização” dessas estruturas tridimensionalmente. Depois, partirmos para a necessária discussão a que estes conceitos estão sujeitos em nosso ambiente de ensino.

Diversas vezes, os livros didáticos apresentam ilustrações dos modelos físicos das estruturas das geometrias moleculares para exemplificar e colocar em prática as teorias, com analogias representacionais.

²⁷ Ibid.

O uso de modelos moleculares físicos, construídos até mesmo com materiais alternativos no ensino de Química não é recente. Appelt, Oliveira e Martins estudaram o histórico dos modelos moleculares e constataram que em 1929 pesquisadores já utilizavam rolhas de cortiça e bastões de vidro para construir modelos alternativos e discutir estereoisômeros. Em 1941, foi proposto um modelo utilizando bolas de madeira e botões de pressão. Outro modelo foi proposto em 1957 feitos de cera, para moldar as representações dos átomos e palitos de madeira para as ligações químicas. Em 1959, foi proposto um modelo com esferas de borracha ligadas a bolas também de borracha. Um modelo proposto em 1964 consistia em representações do esqueleto carbônico feitas apenas com metal. E em 1990, foi proposto um modelo construído com papel na forma de poliedros que representam as geometrias moleculares.²⁸

Atualmente, são diversos os recursos didáticos, os quais incluem desde bolinhas e canudos a softwares, passando até mesmo por animações²⁹. Percebemos assim que o uso de modelos como recursos didáticos é bastante recorrente há muitos anos já, propostos com o intuito de auxiliar na compreensão da estrutura da matéria por meio da visualização de representações de átomos, moléculas e ligações químicas e até na compreensão dos modelos teóricos propostos.³⁰

Já admitimos, anteriormente, que a Química é uma Ciência que procura explicar fenômenos observáveis através da elaboração de teorias e modelos e que os modelos possibilitam explicar propriedades das substâncias, bem como prever e entender por que determinadas transformações ocorrem ou não. Dori e Barak definem ainda que um modelo pode ser considerado como um intermediário entre a abstração da teoria e as ações concretas de um experimento.³¹

A utilização dos modelos físicos para elucidação de determinados conteúdos, como o da geometria molecular, é de muito valor para a aprendizagem, uma vez que muitos alunos têm dificuldade em imaginar a disposição espacial nesses modelos e, por consequência, das moléculas. Mas, para que o aprendizado, seja efetivo, é necessário que o estudante possua conhecimento necessário que o permita abstrair e compreender a ideia do modelo,

²⁸ Appelt; Oliveira; & Martins. “Modelos moleculares: passado e presente”, 9-13.

²⁹ Lima, & Lima-Neto. “Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares.”; Ribeiro; & Greca. “Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada”; Beltran, Nelson O. “Ideias em movimento”.

³⁰ Beltran, M. H. R. “O tetraedro de Van’ t Hoff.”, 2.

³¹ Dori; & Barak. “Virtual and Physical Molecular Modeling”, 61.

sem deixar de lado o fato de que o mesmo apesar de explicar um fenômeno que não pode ser visto, sustenta-se em várias evidências que argumentam a favor dele.³²

No entanto, quando falamos de modelos no ensino é preciso entender que muitos dos conceitos concernentes e envolvidos na elaboração destes e até mesmo o entendimento dos modelos passa por um nível de abstração muito grande em sua compreensão. Primeiro porque é necessário um domínio do mundo macro e micro, e depois, porque os modelos também apresentam limitações em sua representação. Esses conceitos abstratos, segundo Pereira *et al*, representam um entrave epistemológico, devido à natureza dos estudos não palpáveis presentes no imaginário dos estudantes. Isso acarreta um desafio de ensino para o professor deste conteúdo pragmático.³³

A explicação de fenômenos não é apenas feita pela repetição ou aplicação de conhecimentos memorizados ou pela observação minuciosa da realidade, mas sim pela elaboração de hipóteses e investigações, construções de modelos e elaboração de leis, que acabam por satisfazer o desejo de compreensão do mundo, dando sentido a esta realidade observada por serem aceitos como uma representação dela.³⁴ Estudar Química e aprender sobre Ciências significa também entender como se elabora o conhecimento científico.

A possibilidade de se propor modelos e de pensar em seu poder de explicação e previsão favorece o entendimento da relação entre o observável e o não observável que caracteriza a própria Química.³⁵

Um outro ponto, é a clareza no entendimento e na transmissão das limitações presentes nestes modelos teóricos, sendo necessárias, muitas vezes, a elaboração de novos modelos para explicar outros novos fenômenos. Melo e Lima-Neto chegam a expressar que especificamente no ensino de Química, não há uma preocupação em se discutir como os modelos científicos são desenvolvidos e nem sua importância para compreensão deste conhecimento científico.³⁶ Devemos concordar com Ferreira e Justi quando expressam que tal discussão é primordial, pois os modelos estão no centro de qualquer teoria Química, são as principais ferramentas dos cientistas para produzir conhecimento e um

³² Setti; Gibin; & Ferreira. “Ensino de geometria molecular”, 543.

³³ Pereira et al. “Contextualização Histórico-Filosófica de orbitais”, 1.

³⁴ Ferreira; e Justi. “Modelagem e o “fazer ciência”, 1; Melo & Lima-Neto. “Dificuldades de Ensino e Aprendizagem”, 1.

³⁵ Beltran. “O tetraedro de Van’t Hoff: algumas considerações sobre o papel dos modelos”.

³⁶ Melo & Lima-Neto. “Dificuldades de Ensino e Aprendizagem”, 1.

dos principais produtos da Ciência, e a falta desta discussão acaba por fazer falta na elaboração deste conhecimento junto ao aluno. A falta dessa discussão acaba trazendo concepções errôneas para o entendimento desses modelos e, no caso, os professores deveriam ser os mediadores dessa falta de conhecimento ou intermediação do saber, porque considerando o grau de complexidade e de abstração que alguns conteúdos de Química podem alcançar, é necessário cuidado do professor na abordagem desses conteúdos.³⁷

As concepções errôneas ou equivocadas de modelos teóricos, muitas vezes expostas na forma de analogias ou exemplos, podem acabar confundindo os alunos, ou até levar a interpretações distorcidas do real sentido dos modelos, como, por exemplo, levar o aluno a achar que é possível ver átomos e moléculas.

Geralmente, modelos de geometria molecular, que focalizamos neste estudo, são representados através dos modelos físicos das bexigas de festa ou beringelas. Tais modelos físicos procuram levar os estudantes a visualizar as ligações covalentes que o átomo central realiza com os demais átomos como uma nuvem eletrônica, onde os balões representam tais nuvens. Essa construção física representacional ajuda a imaginar o que ocorre com as ligações químicas espacialmente, porém pode levar a uma compreensão equivocada de conceitos, pois o aluno pode achar que tal modelo científico além de real seria palpável e similar à imagem que este modelo passou, acabando com a ideia de uma construção científica social, sujeita a alterações, própria do caráter dinâmico da Ciência.

Os modelos de geometria molecular são apresentados também na maioria das vezes em tabelas bidimensionais, que dificultam visualizar a tridimensionalidade de determinadas moléculas, tampouco a distância necessária entre as ligações. Além disso, tanto os esquemas das tabelas quanto os modelos físicos usando bexigas, podem passar a ideia aos estudantes que átomos de diferentes elementos apresentariam sempre o mesmo tamanho, pois é frequente utilizar cores fantasia para identificar determinados átomos, e a distância das ligações ou praticamente não existe ou são muito pequenas, tornando um tanto quanto insignificantes estas relevantes particularidades. Nesse sentido, deve-se também levar em conta que alguns trabalhos realizados, como de Ferraz *et al*³⁸ e Mozzer e Justi³⁹, indicam

³⁷ Ferreira; e Justi. “Modelagem e o “fazer ciência”, 1.

³⁸ Ferraz *et al*. “O uso espontâneo de analogias por professores de biologia”.

³⁹ Mozzer; Justi. “Nem tudo que reluz é ouro:”, 125.

que professores não possuem um repertório muito bem-preparado e validado de analogias, tendendo a elaborá-las sem o devido cuidado, quando ensinam.

Como reflexo do contexto do uso de analogias, concepções alternativas podem ser facilmente desenvolvidas pelos estudantes, pois podem abrir espaço para diferentes interpretações, assim como para diversos erros conceituais se instalarem. A começar pela interpretação literal da analogia apresentada, que pode levar a se estabelecer relações não pertinentes entre os domínios comparados. Depois, há o risco de os estudantes compreenderem estas representações analógicas sem considerar suas limitações. Segundo Melo e Lima-Neto, o perigo da utilização de analogias para a assimilação de um modelo abstrato é que o aluno tende a raciocinar em termos macroscópicos, e por apresentarem certa dificuldade em migrar do macroscópico para o campo da imaginação, os alunos podem estabelecer relações analógicas incorretas quando os limites de cada analogia não ficam bem definidos.⁴⁰

É importante colocarmos o professor como mediador dessas discussões em sala de aula, considerando a construção de modelos mentais elaborados e enriquecidos pelo conhecimento científico; as limitações dos modelos e analogias dos livros didáticos; e a discussão das limitações destas. Para que isto ocorra, acreditamos ser necessárias discussões em sala de aula, entre professores e alunos, sobre o que são, como são construídos, e para que servem os modelos científicos, as representações, e as analogias, sempre salientando a necessidade de transformação destas instâncias quando necessário, e as limitações delas quanto à representação do não observável e quanto aos impasses encontrados na construção do conhecimento científico. É necessário também, que estes livros didáticos ofereçam mais conhecimento científico, para que quando o aluno elabore um modelo mental, a ideia de modelo permaneça apenas como uma ideia.

Junto à falta de discussão, acreditamos também que outro motivo para as incompreensões dos modelos científicos, possa estar relacionada ao modo como os livros didáticos abordam o conceito de modelo, uma vez que estes livros são considerados um dos mais importantes instrumentos didáticos utilizados nas escolas. Apesar de nem todas as escolas terem o livro como material base, muitas utilizam um sistema apostilado, aqui consideraremos estes também como livro didático por serem material de cunho

⁴⁰ Melo; & Lima-Neto. “Dificuldades de Ensino e Aprendizagem”, 115.

pedagógico e fonte de informação para os envolvidos no processo de ensino aprendizagem. Em muitas realidades de ensino, o livro didático para os professores é o único material no qual ele pode se basear para suas aulas, e para o aluno, é o primeiro veículo de transmissão de conhecimento a que têm acesso, além de seu professor, e muitas vezes, o único material de apoio durante o processo de ensino aprendizagem, portanto, achamos interessante a análise de como esses modelos são neles tratados.⁴¹

A partir dessas ideias, começamos a pensar em maneiras de se pesquisar como modelos e analogias, podem contribuir para a formação do nosso aluno, e como elas podem ser transmitidas sem equívocos de concepção e ao mesmo tempo, apresentando suas limitações. Acreditamos que para minimizar estes equívocos no ensino, os alunos devem entender como surgem, para que servem e o que explicam os modelos que desempenharam papéis-chave no desenvolvimento de temas particulares nas Ciências. Eles também devem desenvolver a capacidade de produzir, testar e avaliar modelos desses fenômenos que são de interesse da Ciência.

Apresentar aos alunos as teorias e os modelos explicativos já prontos, sem que eles tenham conhecimento dos processos que levaram a sua construção, não constitui a melhor estratégia para torná-los independentes nas elaborações de tais raciocínios, pois segundo Lopes, é muito mais importante que os alunos compreendam a multiplicidade dos fenômenos com que trabalhamos, através do reconhecimento, da descrição e da explicação destes modelos, do que se prenderem a classificações mecânicas.⁴²

Compreender a forma e os motivos de elaboração dos modelos, vincula-se ao nosso propósito de pesquisa, de estudar possíveis relações interdisciplinares entre a História da Ciência com o Ensino de Química, para dar maior significado para o saber escolar, uma vez que buscamos propor a contextualização dos conceitos estudados, minimizando o ensino meramente de fórmulas e equações, resumindo seus conteúdos apenas aos produtos desta Ciência. Para isso, focalizaremos, a seguir, alguns aspectos de possíveis interfaces entre História da Ciência e Ensino.

⁴¹ Schnetzler. “Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico”. *Revista Química Nova*, 7.

⁴² Lopes. “Reações químicas: fenômeno, transformação e representação”, 8.

1.4 História da Ciência e no ensino de Química

Segundo Beltran, alguns historiadores da Ciência nos mostram a necessidade de aproximação mais eficaz entre historiadores da Ciência e educadores.⁴³ Uma aproximação que leve efetivamente à construção de interfaces conceituais entre essas duas áreas que em si já são de natureza interdisciplinar.⁴⁴ Neste trabalho defendemos que uma aproximação entre a História da Ciência e o ensino, tornaria possível a compreensão da construção deste conhecimento, seu contexto, suas mudanças, a necessidade de suas mudanças e de seus estudos, e a necessidade de elaboração e transformação destes modelos para explicação de fenômenos. Seria através dessa interface que o ensino destes modelos tornar-se-iam mais relevantes e contextualizados para nossos estudantes.

Assim, começamos nossos estudos sobre a interface dessas áreas, buscando como geralmente ocorre, como é feita, o que os estudos pertinentes a essa interação concluem e, de maneira mais restrita ao nosso modelo em foco, se já existem trabalhos desta interface com os modelos da geometria molecular e como eles são apresentados.

Muito se discute sobre esta interface, sua eficiência, seus objetivos e se realmente eles vêm sendo alcançados ao longo de sua aplicação. A possibilidade desta interface é devida ao fato de ambas possuírem objeto de estudo em comum, o conhecimento científico.⁴⁵ Acreditamos que seu uso no ensino de Química tem o objetivo de mostrar o desenvolvimento desta Ciência como um processo vivo e dinâmico, formado não por verdades absolutas e imutáveis, mas por um processo em que conceitos são construídos e reconstruídos na medida em que novas contribuições são a ele acrescentadas. Scheffer ainda ressalta que tem o intuito de mostrar aos jovens estudantes que a Ciência não se trata de uma obra apenas escrita por cientistas de renome, considerados “gênios”, mas uma obra escrita todos os dias pelas mãos daqueles que, num trabalho incansável, e muitas vezes anônimo, enriquecem a cada momento o seu conteúdo⁴⁶.

⁴³ Beltran, M. H. R. “O tetraedro de Van’ t Hoff:”, 3.

⁴⁴ Beltran. “História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares”; Saito. “História da Ciência e Ensino: em busca de diálogo entre historiadores e educadores”; Saito, Trindade, & Beltran. “História da Ciência e Ensino: ações e reflexões na construção de interfaces”; & Alfonso-Goldfarb, Ana Maria. “Como se daria a construção de áreas interface do saber?”.

⁴⁵ Beltran. “História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares”.

⁴⁶ Scheffer. “Química: Ciência e disciplina curricular”, 192.

A partir do estudo da História da Ciência, podemos constatar que o saber científico não se adquire de imediato, apenas pela simples observação ou constatação de algo, mas é elaborado a partir de concepções vigentes, passa por um longo processo de retomada e acomodações de ideias que acabam desencadeando a construção ou aproximação da realidade.⁴⁷

De acordo com Saito, Trindade e Beltran, como área do conhecimento, a História da Ciência, tem contornos definidos, com métodos e objetos próprios de investigação, e por se caracterizar como área interdisciplinar é possível conduzir uma articulação com as demais áreas do saber. Assim, as contribuições que a História da Ciência pode trazer ao ensino vêm sendo destacadas por educadores e professores de todos os níveis, além de aparecer em recomendações e diretrizes governamentais de nosso país tanto para o ensino Básico como para o Superior.⁴⁸

A História da Ciência é indicada pelo Guia Nacional do livro didático, PNLD de 2018, expressando que:

“A História da Química é uma maneira de auxiliar na melhor compreensão da natureza da Ciência, da relação dos cientistas com a produção do conhecimento químico, das influências políticas para o desenvolvimento da Química e para o entendimento da construção coletiva da Ciência e de sua provisoriedade.”⁴⁹

Nas orientações nacionais curriculares, PCNEM de 2000, referente às Ciências Naturais, Matemática e suas Tecnologias, a história é mencionada nas competências e habilidades com o propósito de levar o estudante a reconhecer o sentido histórico da Ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio.⁵⁰

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular, BNCC, documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica:

⁴⁷ Souza; e Justi. “Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem”, 392.

⁴⁸ Saito; Trindade; & Beltran. “História da ciência e ensino: ações e reflexões”, 2.

⁴⁹ M.E.C.; Guia PNLD 2018, 12.

⁵⁰ M.E.C., Parte III PCNEM 2000, 13.

“A contextualização histórica da Ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimento humano e social, não se ocupando apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da História da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura. Promovendo a comparação de distintas explicações científicas propostas em diferentes épocas e culturas e o reconhecimento dos limites explicativos das Ciências, criando oportunidades para que os estudantes compreendam a dinâmica da construção do conhecimento científico”.⁵¹

Podemos perceber uma valorização histórica da Ciência no sentido de levar nossos alunos a entender a construção de um conhecimento científico, tudo o que o contempla e o que move esse conhecimento. Uma vez que nossa proposta caminha na mesma direção das recomendações e diretrizes governamentais, somada a nossa necessidade de pesquisa nos livros didáticos de como os modelos são representados, buscamos compreender primeiramente, e ainda nesse capítulo, como a História da Ciência entra nesses livros didáticos para, depois, analisar, como a História da Ciência efetivamente aparece nesses livros. Essa segunda parte da pesquisa será aprofundada no capítulo dois desta dissertação.

A busca pela compreensão de como é feita essa interface nos levou a diversos estudos, pesquisas e discussões nessa área.⁵² Os estudos de Callegario *et al*, analisando artigos, revelam que a inserção da História da Ciência no ensino de Química vem crescendo nos últimos anos, principalmente, no que se refere à formação de professores e a aplicação de estratégias diferenciadas em salas de aula. Os autores perceberam que alguns trabalhos da área abordam a questão histórica como algo apenas complementar à aprendizagem dos

⁵¹ BRASIL, M.E.C. Base Nacional Comum Curricular. Educação é a Base.

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf.

⁵² Martins, A. “História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho...”. Cachapuz; Praia; & Jorge. “Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico”. Kosminsky; & Giordan. “Visões de ciências e sobre cientista entre estudantes do ensino médio”. Praia; Cachapuz; & Gil-Pérez. “Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência”. Matthews, M. “História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação”. Beltran, M. H. R. “História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares”. Martins, R.A. *Introdução: A História das Ciências e seus usos na Educação*. Saito, Fumikazu. “História da Ciência e Ensino: em busca de diálogo entre historiadores e educadores”. Solbes, J.; e Traver, M. “La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la de física y química”; Callegario, L. J.; Hygino, C. B.; Alves, V. L. O.; Luna, F. J.; e Linhares, M. P. “A História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão”.

conceitos e não como parte do processo de construção do conhecimento científico em sala de aula e outros trazem a História da Ciência como uma importante ferramenta didática para o ensino de conteúdos de Química.⁵³

Em algumas outras propostas, apresentam-na como uma alternativa ao tão caracterizado ensino tradicional e que é amplamente difundido nas escolas brasileiras. Propostas, como a de Solbes e Traver, baseiam-se na introdução de elementos históricos ao ensino, mostrando que a falta de uma perspectiva histórica em relação ao desenvolvimento da Ciência causa um grande desinteresse por parte dos alunos para a aprendizagem da Química.⁵⁴

Já, segundo uma análise de Saito de perspectivas epistemológicas da inserção da História da Ciência no ensino, ao abordar a natureza do conhecimento científico, esses estudos têm enfatizado apenas aspectos formais da Ciência, dedicando pouca atenção ao processo da construção do conhecimento científico. Valorizando assim, as epistemologias baseadas na ideia de rupturas, como as epistemologias de Gaston Bachelard e Thomas Kuhn. Para muitos desses educadores, as ideias de obstáculos epistemológicos e rupturas de paradigmas, parecem romper com a visão linear e progressista do conhecimento científico e buscam pautar seus estudos em teses descontínuas, sem levar em consideração que elas mesmas são resultados de uma forma de pensar o mundo, e acabaram sendo elaboradas e instituídas, frente ao conhecimento científico de uma época. O autor chama a atenção para a falta de contextualização da epistemologia destes pensadores, justamente, na inserção da interface com o ensino.⁵⁵

No que concerne a realização da interface entre História da Ciência e ensino, observamos que é um método difícil de se conseguir.⁵⁶ Um dos motivos de ser tão difícil é o fato de existirem poucos historiadores da Ciência no Brasil, e, como toda área do conhecimento, os estudos em História da Ciência dependem de especialistas, pois diferentemente do que pensa o senso comum, não basta juntar História e Ciência para que o resultado seja provavelmente História da Ciência.⁵⁷

⁵³ Callegario; Hygino; Alves; Luna; e Linhares. “A História da Ciência no Ensino de Química”, 990.

⁵⁴ Solbes; e Traver. “La utilización de la historia de las ciencias”.

⁵⁵ Saito, F. ““Continuidade” e “descontinuidade”, 184-185.

⁵⁶ Saito; Trindade; & Beltran. “História da ciência e ensino: ações e reflexões”, 1-2.

⁵⁷ Alfonso-Goldfarb. *O que é História da Ciência*, 8.

Um dos grandes desafios do ensino de Química contextualizado consiste em compreender que contextualizar significa, essencialmente, problematizar, investigar e interpretar fatos e situações que envolvam conceitos químicos, de modo a tornar o cidadão capaz de participar ativamente da sociedade em que vive. O fato de quisermos utilizar a História da Ciência no ensino da Química, está exatamente no que abrange tais dificuldades, além é claro de diminuir a abstração dos conceitos, trazendo para o ensino essa contextualização do conhecimento de forma clara, com discussões e debates entorno do conhecimento.

Um outro fator que consideramos um problema para o ensino de Química, é o ensino meramente expositivo e teórico, baseado na memorização, no conteúdo de livros didáticos completamente afastado da realidade do aluno, onde os conceitos químicos são resumidos a comprovações matemáticas. É de se lastimar que ainda permaneça um ensino tradicional de transmissão cultural onde há uma recusa quanto ao fato de se admitir o caráter histórico inerente aos conceitos construídos nas Ciências. Ao reduzir conceitos a dogmas, o professor não favorece que o aluno perceba a Ciência como processual, dinâmica e em constante construção.⁵⁸ Em muitos destes livros didáticos, a Ciência é considerada como feita por poucos e estranhos cientistas, o que distancia ainda mais a Ciência dos nossos alunos, porque eles passam a achar que não servem para o estudo da Ciência. No final das contas, a História da Ciência acaba aparecendo, em “boxes” isolados, separado dos conteúdos, passando a ideia aos alunos de que este conteúdo não está vinculado com a Ciência ensinada, e a descoberta é mostrada como um evento instantâneo e atribuída a um único cientista.

Convém aqui observar que, assim como Saito, Trindade e Beltran, queremos apenas ressaltar que o educador ao levar para a sala de aula as histórias que estão nos livros didáticos, atualmente baseadas em uma vertente historiográfica tradicional, tendem a reforçar a linearidade do desenvolvimento do conhecimento progressista e positivista. Assim, o conhecimento científico é passado aos alunos como uma sucessão de fatos, organizados de forma cronológica, omitindo debates e outras questões que não estão no âmbito científico, mas, que direta ou indiretamente, estiveram ligadas no momento de sua formulação. Portanto, a perspectiva historiográfica tradicional, apresentada na maior

⁵⁸ Souza; e Justi. “Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem”, 386.

parte dos livros didáticos, privilegia os resultados e não o processo da construção do conhecimento, transmitindo a ideia de conhecimento acabado e verdadeiro.⁵⁹

Segundo Alfonso-Goldfarb, Ferraz e Beltran, a visão tradicional da História da Ciência busca e seleciona no passado conceitos ou ideias e práticas que aparentemente têm, e que ainda mantêm, relação com os conhecimentos do presente. Nessa perspectiva, a identificação de precursores e de “pais” de um campo do conhecimento é enfatizada e, dessa maneira, conhecimentos de outras épocas, tal como a alquimia, por exemplo, são desqualificados ou rotulados como pré ou pseudociência.⁶⁰

É válido notar que a História da Ciência se transformou nos últimos trinta anos renovando suas propostas historiográficas. Ao longo desses anos, a perspectiva passou por mudanças na linha de pensamento, e a historiografia passou por diversas modificações. Nesse processo, manifestaram-se desde uma visão linear e progressista da Ciência, o debate entre questões internas e externas à Ciência, de continuidade e descontinuidade, abordando rupturas, paradigmas e revoluções dentro da Ciência e a mais recente, a historiografia atual, considera rupturas e continuidades da Ciência no decorrer do tempo e em cada sociedade. É uma nova perspectiva que considera também os aspectos internos e externos à Ciência, levando em consideração as perspectivas historiográficas, epistemológicas e de Ciência e sociedade.⁶¹ Essa perspectiva historiográfica mais contemporânea, vai nos mostrar os debates, os conflitos ocorridos, o porquê da escolha de uma e não de outra teoria ou modelo propostos num determinado período.⁶² Vale lembrar que nenhuma perspectiva aqui exclui a outra, cada uma tem seu valor e foi de grande importância em determinados períodos. De acordo com nossas ideias e buscas, a perspectiva que mais caminha junto à nossas ideias e que em diversos estudos se mostrou mais eficaz, trazendo o contexto para o plano de análise foi a historiografia mais atual, proposta por pesquisadores ligados ao Cesima PUCSP, que propõe abordar o estudo de conceitos, ideias, técnicas e tecnologias científicas considerando três esferas de análise: historiográfica, contextual e epistemológica.

Esta nova abordagem nos estudos de História da Ciência, busca contextualizar o conhecimento científico, valorizando o processo de construção desse conhecimento e não

⁵⁹ Saito, F. “História da Ciência e Ensino: em busca de diálogo entre historiadores e educadores”, 5.

⁶⁰ Alfonso-Goldfarb; Ferraz; & Beltran. “A historiografia contemporânea e as ciências da matéria”, 51.

⁶¹ Alfonso-Goldfarb. “Documentos, métodos e identidade da história da ciência” *Circumscribere*, 5-9.

⁶² Saito; Trindade; & Beltran. “História da ciência e ensino: ações e reflexões”, 4.

somente o resultado deste conhecimento. Assim, diferentemente dos estudos pautados em tendências historiográficas tradicionais, esta nova proposta, têm focado suas investigações nos processos, discussões e estudos que levariam a tais resultados e insistem na necessidade de contextualizar o conhecimento científico, procurando compreender a Ciência do passado tal como ela era vista no passado.⁶³

Vale lembrar, que embora estejamos propondo que a História da Ciência seja uma abordagem para a aprendizagem de Ciências, esta disciplina não é um método de ensino, mas sim uma fonte de recursos que conduzirá à reflexão sobre o processo de construção do conhecimento científico. O diálogo entre historiadores da Ciência e educadores deverá visar uma compreensão mais contextualizada dos objetos da Ciência e deverá visar uma metodologia de abordagem adequada para o ambiente em sala de aula para os estudantes.⁶⁴

Nossa proposta engloba a necessidade de se reconhecer o sentido histórico da Ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e a sua capacidade de transformar o meio. A partir da análise da maneira como o modelo científico é abordado nos livros didáticos, pretendemos alcançar uma compreensão dos diferentes fatores que determinam tais alterações, a forma como são traduzidas nas práticas escolares, bem como um aprimoramento do ensino de determinados conteúdos em sala de aula com o auxílio da História da Ciência.

A questão do modelo científico no livro didático e a sua transmissão no ensino foram escolhidas porque além de ser um conceito básico e fundamental para o ensino de Ciências, a modelagem envolve processos que possibilitam ao estudante entender como o conhecimento científico é construído a partir de práticas que envolvem raciocínio sobre evidências, análise e construção de modelos e torna possível a participação do aluno, mesmo que em sala de aula ou em um laboratório precário, da cultura das práticas científicas. Acreditamos que a participação e envolvimento dos estudantes em atividades envolvendo a proposição e o uso de modelos pode contribuir para que eles compreendam mais facilmente as complexidades e limitações envolvidas na prática científica, o que vai favorecer a compreensão do processo de produção de conhecimento, para que o estudante

⁶³ Alfonso-Goldfarb. “Como se daria a construção de áreas interface do saber”, 55-66; Alfonso-Goldfarb; Ferraz; & Beltran. “A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços”, 49-73.

⁶⁴ Saito; Trindade; & Beltran. “História da ciência e ensino: ações e reflexões”, 4.

perceba que não existe um modelo definitivamente correto, e sim, leituras diferentes dos mesmos fenômenos, mostrando assim o caráter dinâmico da Química.

Para que a História da Ciência faça seu papel no ensino e possa ajudar a transmitir uma visão mais adequada sobre a Ciência e a auxiliar no aprendizado dos diferentes conteúdos científicos, é de grande importância que o professor conheça as principais concepções alternativas dos alunos a respeito dos aspectos históricos. Para que então, ele possa criar estratégias de ensino que permitam abordar conceitos de forma significativa, onde esta nova informação consiga se relacionar com conceitos relevantes e já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Como por exemplo a noção de espaço e tridimensionalidade ao abordar a questão dos modelos geométricos, ou o uso de fatos históricos marcantes e já estudados por eles para situá-los no espaço/tempo destes fatos científicos.⁶⁵

O uso da História da Ciência em sala de aula promove o debate e reflexão sobre os conflitos em torno de uma teoria ou modelo, sobre os meios com os quais os cientistas chegaram em determinados resultados, como estes cientistas pensaram até chegar no experimento proposto, quais as conclusões tiradas por estes cientistas, quais eram os conceitos que permeavam os cientistas naquele contexto, se o conceito das palavras era o mesmo para aquelas determinadas épocas ou se eram aplicadas de forma diferente. Com isso, obtemos um estudo mais aprimorado do que é a Ciência.

1.5 História da Ciência no ensino da geometria molecular

Focando no nosso modelo escolhido para análise, procuramos estudos, artigos, teses e dissertações que abordassem como tema a História da Ciência e o ensino da geometria molecular e também temas concernentes a este conteúdo, como os orbitais moleculares. A partir deste recorte pudemos fazer as seguintes análises quanto ao tema e sua aplicação.

Quanto ao tema dos orbitais atômicos e moleculares, para Pereira *et al.*, o entendimento dos conceitos de orbitais em átomos e moléculas é, sem dúvidas, essencial para uma mais completa compreensão da Química, no entanto, no ensino atual, existem muitas barreiras epistemológicas criadas durante o processo de ensino aprendizagem destes conteúdos nos diferentes níveis escolares, o que torna este assunto, que já possui um complicado nível de abstração, ainda mais difícil de ser compreendido e ainda mais distante de ser

⁶⁵ Ibid., 1.

incorporado aos saberes dos estudantes. Assim, tendo estas observações em mente, estes autores acreditam que tópicos relacionados ao ensino de orbitais atômicos e moleculares podem ser apresentados de forma mais abrangente e desmistificada por parte dos professores, de modo a facilitar sua compreensão.⁶⁶

O conceito de orbital é importante para a compreensão da estrutura da matéria e, principalmente, das teorias quânticas para a ligação química, tais como a Teoria de Ligação de Valência e a Teoria de Orbitais Moleculares. A partir da introdução de concepções sobre o orbital, professores de Química ilustram os diferentes orbitais, através de simulações de computadores, modelos físicos ou imagens representacionais com formas, tamanhos e orientação espacial bem definida, para prever geometrias moleculares, ou explicar que a sobreposição de orbitais com simetrias e energias adequadas leva à formação da ligação química. Levando alguns estudiosos a se preocuparem com a interpretação dessas representações e modelos. Para Rosentalski e Porto, o emprego corriqueiro destes modelos, sugere a realidade não só dos orbitais, mas, também, de suas formas, tamanhos e natureza direcional, ou seja, orbitais são compreendidos e manipulados tal como, supostamente, são na natureza.⁶⁷

Esse entendimento pode ser observado, por incrível que pareça, mesmo em níveis mais avançados da formação de químicos, como mostra o trabalho de Lemes⁶⁸, no qual entrevistas com doutorandos das diferentes subáreas da Química (Inorgânica, Orgânica, Analítica, Físico-Química e Bioquímica) revelaram que a maioria deles não só acredita na realidade da existência de orbitais, como, também, na forma que lhes é comumente atribuída nos livros didáticos.

Segundo Rosentalski e Porto, essas concepções realistas dos químicos a respeito dos orbitais são reforçadas quando instâncias conceituadas da comunidade científica divulgam que observações diretas de orbitais foram obtidas. Segundo o autor, em 1999, a revista *Nature* apresentou, na capa de sua edição n° 6748, o título “*Orbitais observados*”, e imagens do que seriam orbitais d_{z^2} , extraídas do artigo de Zuo e

⁶⁶ Pereira *et al.* “Contextualização Histórico-Filosófica de Orbitais Atômicos e Moleculares”, 34.

⁶⁷ Rosentalski; & Porto. “Imagens de orbitais em livros didáticos de Química geral no século XX”, 182.

⁶⁸ Lemes, Anielli Fabiula Gavioli. “Aspectos filosóficos e educacionais da Química: investigando as concepções de doutorandos em Química”. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências, na Universidade de São Paulo, 2013.

colaboradores.⁶⁹ Esse trabalho visava investigar como as imagens relativas ao conceito de orbital foram apresentadas por livros de Química Geral voltados para o Ensino Superior ao longo do século XX, especialmente no que diz respeito a aspectos ontológicos e epistemológicos transmitidos por elas. Para os autores, as dificuldades para o ensino, decorrentes dos resultados de sua pesquisa, podem ser superadas por meio da discussão explícita sobre o manejo e a compreensão das representações.

Recentemente, foi publicado um artigo sobre a realidade dos orbitais atômicos em que os autores pegam exatamente esta publicação da revista *Nature* e apresentam as discussões e posições dos debates entorno da concepção teórico-filosófica da observação dos orbitais aqui comentada e apresentam novos argumentos com o intuito de contribuir com tal debate. Para estes autores, tal discussão não tem muito sentido uma vez que as representações pictóricas dos orbitais empregados pelos químicos não podem ser representações da realidade. Porém concluem que de fato, essa discussão acaba tendo implicações no ensino da Química já que os objetivos dos educadores é desenvolver o senso crítico dos estudantes, sendo assim, e corroborando com nossa ideologia do trabalho, professores não podem se furtar a discussões acerca da realidade ou não de entidades inobserváveis. Os autores complementam ainda que é fato que vários livros textos em uso no país apresentam representações pictóricas dos orbitais, porém, não entram na discussão de como tal conhecimento foi produzido.⁷⁰

Tais concepções também puderam ser percebidas no trabalho de Autschbach e Lima e Silva, sobre os orbitais, em que mesmo após expor a teoria dos orbitais, estudantes de Química apresentavam alguns equívocos conceituais como considerar o orbital como algo real, ou os orbitais como elétrons, ou que orbitais e energia orbital são observáveis. Esses equívocos puderam ser percebidos nas discussões científicas elaboradas por eles, principalmente nas explicações de ligações químicas e no uso das energias de orbitais.⁷¹

Agora fica a pergunta, se químicos formados ou em formação podem ser levados a pensar desta maneira, imaginem os adolescentes que não tem muita experiência no mundo científico? É evidente que na transferência do mundo observável para o não observável,

⁶⁹ Zuo, J. M.; Kim, M.; O’Keeffe, M. & Spence, J. C. H. “Direct observation of d-orbital holes and Cu-Cu bonding in Cu₂O”. *Nature* v. 401, n°6748 (1999) 49-52.

⁷⁰ Lima; Silva. “Sobre a realidade dos orbitais”. *ENEQ XX*, (julho de 2020) 1-11.

⁷¹ Autschbach. “Orbitals: some fiction and some facts”, 1033-1034; Lima; & Silva. “Orbital atômico: modos de conceituar e ensino”, 11.

eles se confundam muito mais e são mais facilmente levados a acreditar que estas instâncias são palpáveis e verdadeiras, uma vez que não possuem tanto conhecimento químico ou não são expostos ao conhecimento necessário para se fazer a relação entre macro e micro, modelos teóricos, modelos físicos e modelos mentais.

Quanto ao conteúdo de geometria molecular, estudos sobre sua interface com a História da Ciência são raros, a maioria trabalha apenas com a construção de modelos para facilitar a “visualização” dessas estruturas moleculares. Os trabalhos que se propuseram a analisar uma abordagem desses conteúdos nos livros didáticos ou possíveis interfaces com a História da Ciência, acabaram concluindo que para aprimorar o ensino desse conteúdo, poderia haver maior abordagem histórica e contextualização, uma vez que a questão dos modelos e sua visualização são importantes para o entendimento desse conceito. O uso da História da ciência como abordagem de ensino é encorajado por esses pesquisadores, por mais que ela não seja tão recorrente e permaneça com uma perspectiva mais tradicional.⁷²

Silva, Fonseca e Freitas, analisaram trabalhos científicos recentes acerca do ensino e aprendizagem de geometria molecular, e depararam-se com uma gama de discussões teóricas e metodológicas que visam à minimização das dificuldades dos alunos. Entre os temas dos trabalhos estão o desenvolvimento de habilidades de percepção do espaço tridimensional, o fato de alguns livros didáticos não ilustrarem representações variadas e nem informarem seus significados, as dificuldades de aprendizagem e erros conceituais recorrentes de recursos pedagógicos que potencializam a visualização de fenômenos microscópicos, e as justificativas históricas e contextualização presentes em livros texto serem pouco satisfatórias. Com base nos dados desses estudos, os autores perceberam que abordagens históricas focadas na transformação dos conceitos envolvendo a geometria molecular eram pouco contempladas nas pesquisas desenvolvidas, o que acabou sendo o foco da pesquisa de estudo deles, de modo a apresentar discussões, limitações, dificuldades e avanços associados à concepção do saber em jogo. O estudo mostrou que

⁷² Pintanga; Santos; Guedes; Ferreira; & Santos. “História da Ciência nos Livros Didáticos”, 16. Silva; Fonseca; & Freitas. “Uma breve História da Geometria Molecular sob a perspectiva didático-epistemológica de Guy Bousseau”. *Acta Scientiae* 20, n° 4 (julho de 2018): 626-647; Souza; Martins; & Melo. “História da química e história em quadrinhos”, 4-5. Navarro; Félix; e Milaré. “A história da química em livros didáticos do ensino médios”, 55; Pérez *et al.* “Para uma imagem não deformada do trabalho científico”, *Ciência & Educação*, (2001); Solbes; e Traver. “La utilización de la historia de las ciencias”.

a questão da visualização em Química e da necessidade de manipulação física de modelos moleculares é constitutiva da própria transformação histórica desse saber.⁷³

Parte do trabalho de Souza, Martins e Melo, busca investigar como são abordados os conteúdos de ligação química, geometria molecular e forças intermoleculares no livro “Química” da autora Martha Reis, destinado ao 1º ano do ensino médio, buscando analisar como esse livro utiliza a História da Química. Segundo os resultados da pesquisa, a autora do livro didático, utiliza a abordagem de ensino relacionada a História da Química de forma simplista, e acaba não incentivando a percepção dos alunos para diferentes contextos da Química e suas transformações. Os pesquisadores compreendem, então, que tal utilização não é recorrente na Química, contudo incentivam a utilização da História da Ciência como um meio de abordagem de ensino.⁷⁴

Ao articular História da Ciência e ensino é preciso levar em consideração a visão historiográfica de referência para o intuito que se quer alcançar. A História da Ciência deve ser tomada como ponto de partida para ressignificar os conteúdos e levantar discussões sobre diferentes modelos de conhecimento, preparando assim o discente para as questões epistemológicas mais relevantes. É nesse sentido que temos dirigido nossos esforços ao articular História da Ciência e o ensino de Ciências.⁷⁵ É evidente que para inserção de tais conhecimentos em sala de aula, o professor precisa estar atento as dificuldades que podem aparecer para que esta abordagem ocorra com a eficácia desejada. Entre as problemáticas em questão, até então pesquisadas, e reforçadas pelo estudo de Pérez *et al*, estão a falta de formação dos docentes, a pouca produção de material didático e fontes adequadas acerca da História da Ciência.⁷⁶

Assim, como visto, muito se estudou sobre a História da Ciência e o ensino de Química, sobre as dificuldades na aprendizagem de modelos, sobre abordagens históricas no ensino de Química e sobre os modelos no ensino de Ciências. Pesquisas como de Weler *et al*, Mota e Cleophas, Melo e Lima-Neto, Ferreira e Justi, Silva, Fonseca e Freitas, e Beltran,

⁷³ Silva; Fonseca; & Freitas. “Uma breve História da Geometria Molecular sob a perspectiva didático-epistemológica de Guy Bousseau”. *Acta Scientiae* 20, n° 4 (julho de 2018): 626-647.

⁷⁴ Souza; Martins; & Melo. “História da química e história em quadrinhos”, 4-5.

⁷⁵ Saito, F. ““Continuidade” e “descontinuidade””, 192.

⁷⁶ Pérez *et al*. “Para uma imagem não deformada do trabalho científico”, *Ciência & Educação*, (2001).

Saito e Trindade, além dos autores já mencionados, também foram levadas em consideração.⁷⁷

Mas, para procurar compreender as abordagens utilizadas para o ensino de modelos em geometria molecular, deve-se também considerar como esse conteúdo passou a fazer parte de programas de ensino de Química em nosso país.

No capítulo dois analisamos as reformas educacionais e o currículo de Química, a inserção dos modelos de geometria molecular nos livros didáticos, o livro didático de Química e seu currículo no decorrer dos anos e, finalmente, apresentamos os tópicos selecionados para análise dos livros didáticos indicados pelo PNLD com base no que esboçamos neste capítulo e descrevemos também nossa análise crítica.

⁷⁷ Weler, A. L.; Picinato, J. C. A. de S.; Eskelsen, R. A.; Luebke, S. C.; Baron, S. F. F.; e Silva, A. C. A. da. “A abordagem histórica no ensino de química: Uma análise de livros didáticos”. *37º EDEQ*, (novembro de 2017) 1-6; Mota, G. C.; e Cleophas, M. das G. “História da Ciência: elaborando critérios para analisar a temática nos livros didáticos de química do ensino médio”. *História da ciência e ensino – construindo interfaces* v. 11, (2015) 33-55; Melo, Marlene Rios; & Lima-Neto, Edimilson Gomes de. “Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química”. *Química Nova na Escola* 35, n° 2 (maio 2013): 112-122; Ferreira, Poliana Flávia Maia; e Justi, Rosária da Silva. “Modelagem e o “Fazer Ciência”. *Química nova na escola*, n°28 (maio de 2008) 32-36; Silva; Fonseca; & Freitas. “Uma breve História da Geometria Molecular sob a perspectiva didático-epistemológica de Guy Bousseau”. *Acta Scientiae* v.20, n°4 (julho-agosto de 2018) 626-647; Beltran, Maria Helena Roxo; Saito, F.; & Trindade, L. S. P. *História da Ciência para Formação de Professores*. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

Capítulo 2 – Análise dos livros didáticos de Química

O conhecimento químico, enquanto matéria curricular, está presente no currículo escolar do Brasil há muitos anos, considerando como marco sua implantação no Colégio Pedro II, em 1837, levando em conta que esse Colégio se tornou parâmetro e nivelador para as demais instituições de ensino secundário no país.⁷⁸ Por este motivo, procurar analisar os programas de ensino e os trabalhos que tenham como enfoque essa análise, é uma forma de se obter informações sobre o currículo escolar em âmbito nacional, sobre a inclusão da Química no currículo, e de maneira mais específica, como e quando os temas relacionados a nossa pesquisa, modelos de geometria molecular, foram introduzidos nos programas escolares.

De maneira geral, antes mesmo de sua implementação no Colégio secundário Pedro II, a Química já fazia parte dos estudos dos discentes, porém seus estudos estavam mais vinculados a Física e as Ciências Naturais. Ao longo das décadas, diversas alterações no currículo foram ganhando espaço e resultaram em transformações político educacionais que ocasionaram mudanças no ensino de Ciências, de acordo com as reformas vigentes em determinados períodos. Dessa forma, conforme a legislação proposta, nota-se a inclusão ou exclusão de conteúdo, ou propostas de abordagens diferentes, havendo, às vezes, um maior enfoque em um assunto do que em outro, e muitas vezes, havendo o abandono do tratamento de determinados conceitos.

Nos últimos anos, um novo campo de pesquisa, interessado na História das Disciplinas escolares, passou a estudar sobre a constituição dessas disciplinas e sobre a inclusão e transformações ocasionadas aos saberes escolares, para entender como se deu a construção da transmissão destes saberes.⁷⁹ Alguns pesquisadores dedicaram-se a estudar a história da disciplina de Química e seu percurso educacional dependendo do período inserido, como Souza Junior e Galvão, Scheffer, Neves e Braguini, Santos L., Cardoso, Bittencourt, Aires, Krasilchik, entre outros.⁸⁰

⁷⁸ Scheffer. “Química: Ciência e disciplina curricular”, xi.

⁷⁹ Cruz; & Alfaya. “Modelos moleculares: Construção e utilização no ensino de ligação covalente e estrutura molecular”. *Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE – Artigos* (2013).

⁸⁰ Souza Junior, M.; & Galvão, A. M. de O. “História das disciplinas escolares e história da educação: algumas reflexões” *Educação e Pesquisa* v. 31, n° 3 (setembro-dezembro de 2005) 391-408; Scheffer, Elisabeth Weinhardt O. “Química: Ciência e disciplina curricular, uma abordagem histórica”. Dissertação de Mestrado em Educação, na Universidade Federal do Paraná, 1997; Neves; & Braguini. “A História da disciplina Química (escolar) no currículo brasileiro” *Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia*, 2-

Um dos motivos pelos quais a História das Disciplinas escolares ter se configurado como uma importante área de estudo, é a sua possibilidade de problematizar a noção de tempo, mostrando que o estudo das transformações de um conteúdo escolar não obedece a uma linearidade lógica, mas resulta de uma série de injunções que assumem características específicas em cada espaço social e em cada época.⁸¹ Nossas escolas refletem as maiores mudanças na política, na economia, no social e no cultural. A cada novo governo, ocorre um surto reformista que atinge principalmente os ensinos básicos e médio.⁸² Podemos entender assim, que o currículo escolar depende também, além de políticas educacionais e tendências pedagógicas, do contexto histórico em que aquele determinado momento está inserido.

Scheffer ressalta que a tentativa de compreender a maneira pela qual o saber químico, enquanto conhecimento científico, foi incorporado ao currículo escolar na forma de disciplina, bem como as diretrizes que nortearam essa transposição, ao longo dos anos, conduzem-nos inevitavelmente a uma reflexão sobre os caminhos históricos da própria Ciência Química. Com o passar do tempo, muitas ideias foram sendo modificadas, conceitos ampliados, diferentes hipóteses levantadas, e é acompanhando a história da construção do conhecimento, que pensamentos, conceitos e descobertas químicas podem ser mais bem compreendidos.⁸³

A partir dos pressupostos de uma reflexão histórica e social dos saberes escolares é que a História das Disciplinas tenta explicar suas transformações, suas mudanças estruturais, bem como a forma como ocorrem as mudanças na organização dos conteúdos e métodos de ensino.⁸⁴ Pois bem, buscando neste momento os estudos voltados ao conhecimento químico e seu currículo, a pesquisa de Scheffer será uma referência em nossa análise, assim como trabalhos de estudiosos que buscaram informações acerca da inclusão da

16; Santos, Luciola L. de C. P. “História das disciplinas escolares: outras perspectivas de análise”. *Educação e realidade* v.20, n°2 (julho-dezembro de 1995) 60-68. Cardoso, Maria Angélica. “História das disciplinas escolares e cultura escolar: apontamentos para uma prática pedagógica”. Dissertação de mestrado em Educação, na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2006. Bittencourt, Circe Maria Fernandes. “Livro didático e conhecimento histórico: uma história do saber escolar”. Tese de Doutorado em História na Universidade de São Paulo, 1993. Aires, Joanez Aparecida. “A Construção das Disciplinas Escolares e a Influência dos Professores: O caso da Química em uma Instituição de Ensino Secundário Catarinense”. *Revista tempos e espaço em educação* v.4, (janeiro-junho de 2010) 103-120. Krasilchik, Myriam. “Reformas e realidade o caso do ensino das ciências”. *São Paulo em Perspectiva* v.14, n°1 (2000) 85-93.

⁸¹ Souza Junior; & Galvão. “História das disciplinas escolares e história da educação”, 393.

⁸² Krasilchik. “Reformas e realidade: o caso do ensino de ciências”, 85.

⁸³ Scheffer. “Química: Ciência e disciplina curricular”, 1.

⁸⁴ Neves; & Braguini. “A História da disciplina Química (escolar) no currículo brasileiro”, 4.

Química no currículo por meio de análise documental dos programas de ensino de escolas secundárias brasileiras.⁸⁵

Abordando aqui alguns aspectos dessas reformas, pretendemos buscar o momento em que a disciplina de Química se tornou uma disciplina independente e integrante do currículo das escolas. A partir disso, compreender como os modelos acabavam sendo retratados nestes currículos e como era sua comunicação aos estudantes. Para isso, pretendíamos analisar alguns livros didáticos antigos para compreender como eram tratados tais assuntos. Porém, a necessária paralização das atividades presenciais em Universidades e bibliotecas das instituições por conta da Covid-19, impediu o acesso a estes lugares, portanto, não pudemos entrar em contato com os documentos, nem com os livros didáticos mais antigos. Assim, neste momento, traçaremos um paralelo entre as pesquisas já feitas sobre as reformas nos ensinos e sobre a análise de livros didáticos desde a sua implementação no currículo.

Nosso paralelo, será, basicamente, o cruzamento de três informações essenciais para nosso trabalho: as reformas, o currículo e o livro didático de química num determinado período; a maneira como a História da Ciência aparecia nesses livros, se é que aparecia; e a inserção e as mudanças dos conteúdos concernentes a geometria molecular nesses livros didáticos. Para este paralelo, utilizaremos o trabalho de Beltran *et al*, que aborda, discussões dos diferentes níveis de ensino interessados na articulação com a História da Ciência em sala de aula considerando informações sobre as diferentes tendências pedagógicas que se manifestaram na educação brasileira com algumas perspectivas historiográficas em História da Ciência. Também levaremos em consideração os estudos de Mortimer e de Santos, o primeiro dedicado a analisar a evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário com as mudanças na legislação, e o segundo

⁸⁵ Sicca, Natalina Aparecida Laguna. “O lugar da história da ciência nas políticas curriculares brasileiras para o ensino de química”. *História da Ciência e Ensino* v.12, (2015) 1-14; Beltran, Maria Helena Roxo Beltran. “História da Ciência e Ensino: Algumas considerações sobre a construção de interfaces”. In: *Ensino de Ciências e Matemática: Análise de problemas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2009. 179-208; Rosa, Marcelo D’Aquino; Mohr, Adriana. “O livro didático de ciências no Brasil: Alguns apontamentos com base em textos da área”. *Revista de ensino de biologia da associação brasileira de ensino de biologia* v.5, (2012) 1-11; Fracalanza, Hilário; Megid Neto, Jorge. *O livro didático de Ciências no Brasil*. Campinas: Editora Komedi, 2006; Krasilchik. “Reformas e realidade: o caso do ensino de ciências”, 85; Scheffer. “Química: Ciência e disciplina curricular”, 1; Neves; & Braguini. “A História da disciplina Química (escolar) no currículo brasileiro”, 4; Manzano. “Vestibular seriado: Estado de arte e a percepção docente sobre o tema”, 11-16;

apresentando uma análise histórico crítica do movimento dos conteúdos nos livros didáticos de Química.⁸⁶

Além disso, buscamos também informações concernentes aos programas de vestibulares e exames de ingresso nas Universidades ao longo do tempo. No final do capítulo conseguimos analisar os programas vestibulares referentes à Fuvest desde 1980 até atualmente e cruzar informações com pesquisadores desta área. Nesse quesito nossa análise se restringiu exatamente aos modelos de geometria molecular nesses programas.

2.1 Reformas e tendências educacionais X Inserção dos modelos nos livros didáticos

Com a publicação do decreto nº 8.659 de 05 de abril de 1911, a Lei Orgânica do Ensino Superior e Fundamental é aprovada, e passa a existir o exame de admissão como única exigência para o processo de seleção ao ingresso ao Ensino Superior, não precisando comprovação de escolaridade anterior. Esta lei, proposta pelo então ministro Rivadávia Correia, foi expedida na tentativa de elevar os níveis educacionais da época, concedendo autonomia às escolas e eliminando o caráter de equiparação dos colégios. Apesar do fracasso, esta reforma deixou como marca a instituição do exame admissional na esfera educacional.⁸⁷

Até 1925, o estudo de conteúdos pertinentes à área de Ciências se dava através da disciplina de Física e Química. Nesse ano, a partir da Reforma Rocha Vaz, a disciplina de Química torna-se independente, sendo realmente ministrada, de forma regular, no currículo do ensino secundário brasileiro. Porém, tal fato registrou-se apenas a partir de 1931 com a Reforma Francisco Campos, quando o curso secundário também passou a apresentar uma melhor organização.⁸⁸

Naquele período, firmava-se a concepção tradicional de educação escolar, de acordo com o qual o conhecimento é determinado pela ação educativa do professor, e é tido como

⁸⁶ Beltran; Saito; & Trindade. *História da Ciência para Formação de Professores*. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física; Mortimer. “A Evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário” *Em Aberto*, nº40 (outubro-dezembro de 1988) 1-12; Santos, Victor Ferreira Dias. “Entre o broto e a rosa do clássico: Análise histórico-crítica do movimento dos conteúdos nos livros didáticos de Química”. Dissertação de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências na Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Salvador, 2020.

⁸⁷ Manzano. “Vestibular seriado: Estado de arte e a percepção docente sobre o tema”, 11-16.

⁸⁸ Scheffer. “Química: Ciência e disciplina curricular, uma abordagem histórica”, 152-193.

algo pronto e passível de ser transmitido aos jovens. Dentro da concepção tradicional de ensino, o conhecimento seria acumulativo e se desenvolveria sempre no sentido de progresso, assim como a Ciência e as propostas dos historiadores da Ciência do momento. Tal combinação de ideias não mais viria a se manifestar de forma tão clara por muito tempo, e discussões e considerações acerca de formas de interação entre História da Ciência e ensino, só voltariam a ser valorizadas na década de 1980, com novas perspectivas tanto no campo da educação quanto no da História da Ciência.⁸⁹

Até 1930, os livros didáticos caracterizavam-se como compêndios de Química Geral, coerentes com a então estrutura do ensino secundário. E em geral, preocupavam-se em discutir mais as implicações filosóficas dos conceitos. A partir daquele ano, os livros didáticos, em consequência direta da Reforma Francisco Campos, passam a se organizar por série, com o conteúdo de acordo com o programa oficial da reforma então vigente. Neles, houve a introdução de um maior número de ilustrações e esquemas, para mostrar os modelos de estrutura atômica e estrutura molecular, e houve uma atualização nas unidades referentes a estrutura atômica, teoria de valência e classificação periódica.⁹⁰

Até esse período, percebe-se uma ênfase na parte estrutural dos compostos e, também, na determinação das fórmulas e pesos. A partir dele, inicia-se o movimento de consolidação da teoria atômico-molecular, que irá resistir durante todo o movimento histórico como uma das marcas da organização dos conteúdos nos livros didáticos. Santos ao comparar e analisar a parte de estrutura dos compostos em livros didáticos de Química, percebeu que é a partir de 1947 que há uma primeira mudança significativa, com a retirada do conceito sobre os compostos binários, ternários e quaternários e tipos moleculares, por exemplo. Porém, esse movimento não se apresentou linear, a ideia de tipos moleculares, é retomada em outros períodos, ainda que com denominações um pouco distintas. Já os compostos binários, ternários e quaternários, são substituídos pelas ideias de classificação estrutural das substâncias e valência.⁹¹

Na década de 60, os Estados Unidos da América e a União Soviética, no clima de guerra fria, disputavam a conquista do espaço sideral. Para colocarem-se em posição de destaque, os Estados Unidos investiram no ensino das disciplinas de Física, Biologia,

⁸⁹ Beltran; Saito; & Trindade. *História da Ciência para Formação de Professores*, 105-107.

⁹⁰ Mortimer. "A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário", 1-4.

⁹¹ Santos, Victor Ferreira Dias. "Entre o broto e a rosa do clássico", 200.

Química e Matemática para formar novos cientistas e impulsionar os avanços espaciais. Entre as décadas de 1950 e 1970, o ensino de Química foi marcado pelo método científico de ensinar Ciências por meio da descoberta e redescoberta, sob influência do programa norte-americano para o ensino de Química, materializado na proposta do *Chem Study*. Tal programa propunha partir de experimentos para preparar o aluno para ser um cientista e acabaram influenciando muito a atividade docente.⁹² Focando temáticas do estudo atômico-molecular, foi elaborado o projeto *Chemical Bond Approach*, CBA.

Foi um momento em que o ensino de Química teve grande influência e valorização do movimento de renovação no ensino de Ciências, que enfatizava o fazer científico através do método da redescoberta, reforçando a visão de neutralidade da Ciência, sem considerar seu papel na sociedade. A História da Ciência que aparece nos textos, se restringe a biografias de cientistas, pautadas na visão da Ciência como progresso contínuo.⁹³

Com a primeira Lei de Diretrizes e Bases - LDB, em 1961, escrita nesse cenário de dominação científico cultural norte americano, houve substancial aumento da carga horária dos cursos de Física, Química e Biologia, que passaram a ter a função de desenvolver o espírito crítico com o exercício do método científico. Esta LDB além de aumentar a carga horária das disciplinas, também ampliou as Ciências no currículo e revogou a obrigatoriedade dos programas oficiais, dando maior liberdade às escolas na escolha dos conteúdos a serem desenvolvidos. Em 1964, a imposição da ditadura militar transformou as políticas e modificou o papel da escola, deixando de enfatizar a cidadania para buscar a formação de trabalhador, considerado, agora, fundamental, para o desenvolvimento econômico do país.⁹⁴

Os livros didáticos concernentes ao período de 1943 a 1960 correspondem à vigência da Reforma Capanema. As alterações introduzidas pelo programa oficial refletem mudanças de alguns conteúdos, sendo mais dogmáticos em relação a vários tópicos, não ressaltando as implicações das modernas teorias da estrutura atômica e da valência para uma série de conceitos clássicos, como o de molécula, e a ideia de coesão e afinidade, por exemplo. De 1960 a 1970, houve a entrada nos livros da mecânica ondulatória, ligação covalente, metálica e modelos de ligação química. Os livros didáticos deste período correspondiam

⁹² Secretaria de estado da educação do Paraná. Diretrizes curriculares da educação básica – Química, (2008) 46. http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_quim.pdf.

⁹³ Beltran; Saito; & Trindade. “História da Ciência para formação de professores”, 107.

⁹⁴ Krasilchik. “Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências”, 86-87.

à vigência da LDB de 1961, e acabam apresentando uma maneira diferente de organizar seus conteúdos. A estrutura atômica, teoria eletrônica de valência e classificação periódica, ora era apresentada no final do primeiro volume, ora era apresentada no final do curso. Segundo Mortimer, essa disposição diferenciada dos conteúdos no currículo, é fruto dessa nova Lei, que não mais incorpora programas detalhados para cada disciplina, abrindo espaço para propostas alternativas. Incorporaram também assuntos como moléculas polares e apolares, ligações intermoleculares e ligação metálica, facilitando a relação das propriedades dos diferentes compostos (iônicos, moleculares, covalentes e metálicos) com os modelos de ligação química.⁹⁵

A demanda pelas vagas do ensino superior se elevou, devido a oportunidades de ascensão socioeconômicas que a conclusão dos cursos permitia e, pela equivalência dos cursos técnicos de ensino médio que aumentou significativamente o contingente de candidatos aptos à concorrência dessas vagas. Em 1968, o Congresso Nacional aprovou a Reforma Universitária, pela lei nº5.540 de vinte e oito de novembro, fixando normas de organização e funcionamento do ensino superior. Esta reforma trata, na realidade, de uma LDB para o ensino superior, revogando os dispositivos da Lei 4.024 de 1961, sobre esse nível de ensino. O nível e exigência dos conteúdos a serem avaliados pelos vestibulares constava nessa reforma, o que já demonstra a preocupação sobre a influência desses exames sobre o conteúdo a ser ministrado no segundo grau.⁹⁶

A partir de 1969, são inseridas também, as noções sobre orbitais moleculares, modelo atômico de Bohr e hibridização. A compreensão da estrutura da matéria estava organizada com a apresentação em sequência dos modelos atômicos-moleculares, formato que se mantém até os dias de hoje. A partir desse período, os conteúdos de ligações químicas são inseridos nas estruturas dos livros didáticos, resistindo até o atual momento histórico.⁹⁷

De 1970 em diante, observa-se um maior uso de ilustrações e esquemas nos livros para mostrar os modelos de estruturas atômicas e moleculares. Esse é um período marcado pela introdução de uma mentalidade tecnicista e burocrática em todo o sistema e ensino, que valorizava os produtos da Ciência. Isso acabou afetando os materiais didáticos, com

⁹⁵ Mortimer. "A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário", 5-7.

⁹⁶ Manzano. "Vestibular seriado: Estado da arte e a percepção docente sobre o tema", 20-21.

⁹⁷ Santos, Victor Ferreira Dias. "Entre o broto e a rosa do clássico", 200-202.

a introdução da nova Lei de Diretrizes e Bases de 71, que fez com que os autores se vissem obrigados a simplificar os conteúdos dos livros didáticos, em busca de maior objetividade, resumindo o conteúdo a equações matemáticas, tabelas, proposições e postulados, o que descaracterizou a função das disciplinas científicas no currículo.⁹⁸ Nesse período de tendência tecnicista na educação, o potencial educativo da História da Ciência não foi valorizado.⁹⁹

Os livros didáticos do período de 1970 a 1988 trouxeram essa objetividade tecnicista comentada, conduzindo a uma falsa visão do que seja, em Ciência, uma teoria e um modelo, pois na forma simplista e fragmentada de apresentação, os modelos são transformados em dogmas irrefutáveis. Os livros desse período mostram conteúdos relacionados aos assuntos de teoria atômica, ligação química e classificação periódica, entretanto, esses modelos de estrutura atômica e ligação química são apresentados como teorias isoladas, sem maiores aplicações além da previsão da valência dos elementos e da fórmula dos compostos.¹⁰⁰ Verificou-se o acréscimo também das noções de orbitais atômicos e moleculares no período a partir de 1980, além das forças intermoleculares, geometria das moléculas e polaridade das moléculas, consolidando-se, assim, uma nova perspectiva de compreensão sobre a maneira como os compostos são formados.¹⁰¹

Os vestibulares unificados para as universidades federais de todo o país, começaram a vigorar a partir de 1970, tendo um poder enorme de disseminar a metodologia de ensino de Química que acabamos de descrever. Baseados unicamente em questões de múltipla escolha, esses exames de vestibular acabaram por determinar os conteúdos a serem ensinados no segundo grau e os métodos a serem empregados. A resolução de exercícios objetivos passou a ser uma forma essencial de treinamento do estudante para o vestibular, e os programas continuaram a ser extremamente acadêmicos, valorizando apenas aspectos importantes para as carreiras afins à Química nas universidades. A postura das universidades começa a mudar no final da década, a partir de 1978. O vestibular deixa de ser apenas de múltipla escolha e incorpora provas específicas, numa segunda etapa, de questões abertas. Ao mesmo tempo, começa-se a enfatizar aspectos do cotidiano nas provas das duas etapas.¹⁰²

⁹⁸ Mortimer. “A Evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário”, 4-10.

⁹⁹ Beltran; Saito; & Trindade. “História da Ciência para formação de professores”, 109.

¹⁰⁰ Mortimer. “A Evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário”, 4-11.

¹⁰¹ Santos, Victor Ferreira Dias. “Entre o broto e a rosa do clássico”, 202.

¹⁰² Mortimer. “A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário”, 9-10.

Em 1980, propostas de ensino enfatizando a alfabetização ou o letramento científico, visavam à formação do cidadão participativo. Essas propostas contemplavam também, o ensino sobre a Ciência, onde encontra-se a abordagem de História e Filosofia da Ciência no ensino. O foco desta abordagem encontra-se especialmente voltada ao fazer interno da ciência, ligando-se, assim, mais enfaticamente, à Filosofia da Ciência. Outra abordagem deste período procurou trazer para o ensino a discussão do papel da Ciência e da tecnologia na sociedade, esta abordagem trouxe os debates conduzidos no campo dos estudos sociais da Ciência, porém, os conhecimentos a que se pretendem chegar são ligadas a conhecimentos tecnológicos atuais, deixando pouco espaço para discussões em História da Ciência.¹⁰³

Em 1996 foi aprovada uma nova LDB, nº9.394, que estabeleceu no segundo parágrafo do primeiro artigo que a educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social. O Ensino Médio tem a função de consolidação dos conhecimentos e preparação para o trabalho e a cidadania para continuar aprendendo. As prescrições legais são colocadas em prática por meio de políticas centralizadas no MEC e que são detalhadas e especificadas em documentos oficiais, abundantemente distribuídos com os nomes de parâmetros e diretrizes curriculares. Fazem parte ainda desses indicativos políticos diversos instrumentos de avaliação em que se explicitam as reais intenções de reforma proposta pelo governo.¹⁰⁴ Com a LDB de 96¹⁰⁵, a proposta dos parâmetros curriculares nacionais do ensino médio é que seja explicitado a multidimensionalidade, o dinamismo e o caráter epistemológico de seus conteúdos, com o intuito de romper com o tradicionalismo que fortemente ainda se impunha nesses livros, ou seja, queriam a abordagem dos conteúdos mais abrangente, sem a valorização apenas dos produtos dessa Ciência.

Porto, em seu artigo sobre a disciplina de Química no vestibular, procura analisar o programa do vestibular Fuvest, que seleciona anualmente os candidatos ao ingresso na Universidade de São Paulo, por entendê-lo como um instrumento de política pública e,

¹⁰³ Beltran; Saito; & Trindade. “História da Ciência para formação de professores”, 109-114; Beltran, Maria Helena Roxo; Saito, Fumikasu. Algumas propostas para contribuir na formação do cidadão crítico. In: *História da Ciência e ensino: abordagens interdisciplinares*. (Org) Beltran, M.H.R.; Trindade, L. dos S. P. São Paulo: Livraria da Física, 2017, 17-42.

¹⁰⁴ Krasilchik. “Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências”, 86-87.

¹⁰⁵ Senado Federal, Secretaria especial de editoração e publicações, e subsecretaria de edições técnicas. Lei de diretrizes e bases da educação nacional nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>.

como tal, como um dos fatores a influenciar o currículo de Química nas escolas do ensino médio. Dessa maneira, a partir de sua análise e da nossa análise dos programas vestibulares dessa instituição¹⁰⁶, constatamos que a partir de 1980 o programa já incluía temas como a configuração espacial das moléculas. De acordo com Porto, nos primeiros anos do Vestibular Fuvest, 1980-1988, o programa incluía tópicos que podem ser considerados como avançados em termos de complexidade dos conceitos e teorias envolvidos, tais como o modelo orbital para átomo, hibridização e entropia, sendo retirados nos programas do período de 1989-1990.¹⁰⁷

Até 1980 os programas do vestibular Fuvest se referiam à disposição espacial das moléculas por configuração espacial. A partir de 1990 que os programas aderiram ao termo geometria molecular e a partir de 1991 notamos que o programa expõe que a instituição passa a valorizar a História da Ciência no estudo da Química, esperando que o aluno passe a incorporar os conhecimentos químicos sob as perspectivas científicas, humanas e sociais. A geometria molecular não aparece mais nas listas de conteúdos obrigatórios para o exame durante um bom tempo a partir desse ano.¹⁰⁸

No período de 1992 a 2001, o texto introdutório ao programa de Química foi ligeiramente ampliado em relação à versão de 1991, fornecendo detalhes complementares sobre alguns aspectos. O novo texto explicitava que os modelos atômicos deverão se restringir apenas aos clássicos, não incluindo, desta maneira, o modelo orbital. Curiosamente, foram retirados do programa os subitens que explicitavam ligação iônica, ligação covalente, polaridade e forças intermoleculares, entre outros.¹⁰⁹

O programa de 2002 retira a valorização da História da Ciência e reafirma a exclusão dos modelos mais modernos para o átomo, detalhando o que não seria abordado no vestibular: “não incluindo os modelos quânticos (orbitais atômicos, moleculares e hibridização)”.¹¹⁰ Desde a retirada da geometria molecular da lista dos conteúdos dos programas vestibulares, não se sabe ao certo quando ela retornou, se é que retornou, mas ela acaba

¹⁰⁶ FUVEST. Fundação Universitária para o Vestibular, Acervo vestibular Fuvest. Acervo (fuvest.br)

¹⁰⁷ Porto. “A química no Vestibular Fuvest (1989-2018)”. 250-260.

¹⁰⁸ FUVEST. Fundação Universitária para o Vestibular, Acervo vestibular Fuvest (1980-1992). Acervo (fuvest.br)

¹⁰⁹ Porto. “A química no Vestibular Fuvest (1989-2018)”, 250-260.

¹¹⁰ Ibid., 250-260.

aparecendo nas imagens de moléculas orgânicas em alguns dos exercícios, mas nenhum deles refere-se explicitamente a esse conceito.¹¹¹

2.2 Histórico da pesquisa do livro didático de Química

Neste tópico discutiremos sobre o livro didático no Brasil, situando o contexto histórico, as principais políticas e legislações estabelecidas em determinadas épocas e algumas ações governamentais acerca da distribuição de livros a alunos de escolas públicas, dada a influência que estas políticas causam na determinação do conteúdo do livro didático, como vimos. Falaremos também sobre os estudos de pesquisadores acerca de livros didáticos de Química, em especial sobre os temas relacionados ao conteúdo focalizado nesta pesquisa, ou seja, modelos científicos, geometria molecular e estrutura molecular.

A utilização do livro didático nas escolas se intensificou com o Programa Nacional do Livro Didático, PNLD, que distribui livros a alunos e professores de escolas públicas Federais, Estaduais e Municipais. O Programa Nacional do Livro Didático surgiu como uma estratégia de apoio à política educacional criada pelo Estado brasileiro em 1985, em substituição ao Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental, PLDEF, de 1971.¹¹² Mas antes de chegar neste programa, retomemos aspectos da introdução do livro didáticos no ensino secundário no Brasil.

Mori e Curvelo e Santos e Filgueira contam que a primeira publicação brasileira, visando ao ensino de Química, parece ter sido o *Syllabus* ou *Compêndio das lições de Chymica*, de 1810, escrita pelo britânico Daniel Gardner¹¹³ primeiro lente de Química da Academia Militar do Colégio São Joaquim, que mais tarde viria a se chamar Colégio Pedro II, por serem uma simples listagem de tópicos de assuntos químicos que o autor lecionava. Em 1825 aparece a *Nova nomenclatura química portuguesa*, de João da Silveira Caldeira, que nem sempre é considerado como um livro didático propriamente dito, dado seu caráter de obra de referência.¹¹⁴ Segundo Mori e Curvelo, o primeiro livro escolar de Química, escrito por um brasileiro e publicado no Brasil, parece ter sido *Lições de*

¹¹¹ FUVEST. Fundação Universitária para o Vestibular, Acervo vestibular Fuvest (2002-2021). Acervo (fuvest.br).

¹¹² Rosa, Débora Lázara; Amaral, Alessandra Meireles do; e Mendes, Ana Néry Furlan. “História da química na educação básica: uma investigação nos livros didáticos”, 58.

¹¹³ Daniel Gardner era membro da Sociedade Filosófica e Matemática de Londres. Santos; e Filgueiras. “Daniel Gardner, autor do primeiro livro de química”. *SBQ*, 1.

¹¹⁴ Mori; e Curvelo. “Os primeiros livros didáticos brasileiros” *X ENPEC*, 3. Santos; e Filgueira. “O primeiro curso de química regular no Brasil”. *Química Nova*.

Chimica e Mineralogia, do maranhense frei carmelita Custódio Alves Serrão, em 1833 no Rio de Janeiro, pois consistia em um conjunto de dados, com a função de servir como substituto para o uso do manual seguido pelo professor em suas preleções.¹¹⁵ Já Schnetzler considera o livro de João Martins Teixeira, *Noções de Chimica Geral*, de 1875 como o primeiro livro didático brasileiro voltado para o ensino secundário. Sua análise restringiu-se a livros que apresentassem as reações químicas de conteúdo. Em sua dissertação percebemos também, como justificativa para o uso desse livro como primeiro livro didático brasileiro de Química, por ter sido amplamente utilizado no país durante vários decênios.¹¹⁶

A seguir apresentaremos, brevemente, as principais políticas e legislações estabelecidas em determinadas épocas e algumas ações governamentais acerca da distribuição de livros, chegando a instauração do Programa Nacional do Livro Didático, que hoje é destinado a avaliar e a disponibilizar obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, de forma sistemática, regular e gratuita, às escolas públicas de educação básica das redes federais, estaduais, municipais e distritais e também às instituições de educação infantil comunitárias, confessionais ou filantrópicas sem fins lucrativos e conveniadas com o Poder Público.¹¹⁷

No ano de 1937, foi criado o Instituto Nacional do Livro, INL, que tinha como função a coordenação e o planejamento das atividades relacionadas ao livro, assegurando sua produção e distribuição. Foi o decreto de lei nº 1.006 de 31/12/1938 que definiu, pela primeira vez, o que deveria ser entendido como livro didático. No artigo 2º dessa lei, consta que os livros de leitura de classes são os livros usados para leitura dos alunos em aula. Ainda neste decreto, foi criada a

“Comissão Nacional do Livro Didático, CNLD, composta de sete membros, de notório preparo pedagógico e reconhecido valor moral, das quais duas especializadas em metodologia das línguas, três especializadas em metodologia das Ciências e duas especializadas em metodologia das técnicas. Suas competências se enquadram em: examinar os livros didáticos que lhe forem apresentados, e proferir julgamento favorável ou contrário à autorização de seu

¹¹⁵ Ibid., 2-3.

¹¹⁶ Schnetzler, Roseli Pacheco. “O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino de Química de 1875 a 1978”. Dissertação de mestrado em Educação da Universidade Estadual de Campinas, (1980) 12-13.

¹¹⁷ BRASIL. PNLD. <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>.

uso; estimular a produção e orientar a importação de livros didáticos; indicar os livros didáticos estrangeiros de notável valor, que mereçam ser traduzidos e editados pelos poderes públicos, bem como sugerir-lhes a abertura de concurso para a produção de determinadas espécies de livros didáticos de sensível necessidade e ainda não existentes no país; e promover, periodicamente, a organização de exposições nacionais dos livros didáticos cujo uso tenha sido autorizado na forma desta lei.”¹¹⁸

Em 1945, pelo decreto de lei nº 8.460 de 26/12/1945, é consolidada a legislação sobre as condições de produção, importação e utilização do livro didático, bem como possibilita ao professor a escolha do livro a ser utilizado, conforme define o artigo 5º:

“Os poderes públicos não poderão determinar a obrigatoriedade de adoção de um só livro ou de certos e determinados livros para cada grau ou ramo de ensino nem estabelecer preferência entre os livros didáticos de uso autorizado, sendo livre aos professores de ensino primário, secundário, normal e profissional a escolha de livros para uso dos alunos, uma vez que constem da relação oficial das obras de uso autorizado”.¹¹⁹

Em 1966, ocorreu a assinatura de contrato entre o governo brasileiro e o governo americano, MEC/USAID, denominação dada a um acordo que inclui uma série de convênios realizados a partir de 1964, durante o regime militar brasileiro, entre o Ministério da Educação, MEC, e a United States Agency for International Development, USAID. Um destes convênios tratava da criação do Conselho do Livro Técnico e Didático, que tinha como finalidade, disponibilizar livros gratuitamente para estudantes brasileiros por um período de três anos.¹²⁰

Então, o governo militar criou o Conselho do Livro Técnico e do Didático, COLTED, que estabeleceu-se em dois decretos: o decreto de nº 58.653/66 com o intuito de gerir e aplicar recursos destinados ao financiamento e à realização de programas e projetos de expansão do livro escolar e do livro técnico, em colaboração com a Aliança para o Progresso; e o decreto de nº 59.355/66, que modificou a denominação da COLTED, que

¹¹⁸ BRASIL - Decreto-Lei nº 1.006, de 30 de dezembro de 1938. Estabelece as condições de produção, importação e utilização do livro didático. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1006-30-dezembro-1938-350741-publicacaooriginal-1-pe.html>.

¹¹⁹ BRASIL - Decreto-Lei nº 8.460, de 26 de dezembro de 1945. Consolida a legislação sobre as condições de produção, importação e utilização do livro didático. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-8460-26-dezembro-1945-416379-publicacaooriginal-1-pe.html>.

¹²⁰ Kato, Cláudia Mikie. “A utilização do livro didáticos em aulas de química”, 19.

se tornou a Comissão do Livro Técnico e do Livro Didático, com a função de incentivar, orientar, coordenar e executar as atividades do Ministério da Educação e Cultura relacionados com a produção, a edição, o aprimoramento e a distribuição de livros técnicos e de livros didáticos. Com a ampliação das funções da COLTED, seus dois principais objetivos eram baratear os livros didáticos produzidos pelas empresas privadas e estimular a expansão da indústria do livro.¹²¹

Em 1983, a Fundação Nacional de Material Escolar, FENAME, a que se refere a Lei nº 5.327, de 2 de outubro de 1967, passa denominar-se Fundação de Assistência ao Estudante, FAE, vinculada ao Ministério da Educação e Cultura, que terá por finalidade assegurar os instrumentos e condições de assistência educacional nos níveis de formação pré-escolar e de 1º e 2º graus, constituindo seus objetivos básicos: a melhoria de qualidade, a diminuição dos custos e a criação de melhores condições de acesso dos usuários ao material escolar e didático, à alimentação escolar e às bolsas de estudo e manutenção; a coordenação da política de assistência educacional, bem como o desenvolvimento de estudos visando a subsidiar a sua formulação; e o apoio à administração dos serviços de assistência educacional dos sistemas de ensino. A FAE assumiu as atribuições da realização do Programa do Livro Didático, por meio da coedição, do estabelecimento de convênios entre a FENAME e as Secretarias Estaduais de Educação. Com isso, o governo iniciou a compra de livros com recursos vindos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, FNDE. Porém, a quantidade de livros não foi suficiente para atender a todos os alunos e o programa foi extinto em muitas escolas municipais, cinco anos depois, por meio do Decreto nº 77.107 de 4 de fevereiro de 1976.¹²²

Em 1985, o Programa Nacional do Livro Didático, PNLD, é implantado com a finalidade de distribuir livros escolares aos estudantes matriculados nas escolas públicas do ensino Fundamental e Médio. É um dos programas do MEC/FNDE, e seu objetivo é auxiliar o trabalho pedagógico dos professores por meio da distribuição gratuita de livros, garantindo assim, a qualidade da educação e o combate ao analfabetismo.¹²³

¹²¹ Filgueiras, Juliana Miranda. “As políticas para o livro didático durante a ditadura militar:”, 89.

¹²² Kato, Cláudia Mikie. “A utilização do livro didáticos em aulas de química”, 20.

¹²³ BRASIL. Decreto nº 91.542, de 19 de agosto de 1985. Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências.
<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-91542-19-agosto-1985-441959-publicacaooriginal-1-pe.html>.

Em 2003, foi instituído o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio, PNLEM, por meio da Resolução do FNDE n.º 38/03 de 23/10/2003. Provedo as escolas do ensino médio das redes estadual, do Distrito Federal e municipal de livros didáticos de qualidade, para uso dos alunos, abrangendo os componentes curriculares de Português e Matemática por meio do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM. No ano de 2007, por meio da Resolução n.º 001, o FNDE divulgou os princípios e as orientações para avaliação dos livros didáticos de Língua Portuguesa, Matemática, Biologia, História, Química, Física e Geografia. E ainda é criado o Programa Nacional do Livro para a Alfabetização de Jovens e Adultos, PNLA, pela Resolução n.º 18 de 24/04/2007 atendendo alunos jovens e adultos do 1º ao 9º ano do Ensino Fundamental, além das entidades parceiras do Programa Brasil Alfabetizado. Na resolução n.º 51 de 16/09/2009 foi regulamentado o Programa Nacional do Livro Didático para a Educação de Jovens e Adultos, EJA - PNLD EJA. Nas coleções didáticas destinadas aos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental na modalidade EJA, os conteúdos atendem a composição mínima de componentes curriculares com a base comum da Lei de Diretrizes e Bases da Educação, LDB, e os alunos da EJA do Ensino Médio são contemplados com os mesmos livros que são destinados aos alunos do Ensino Médio regular.¹²⁴

Um dos últimos programas lançados foi o PNLD Campo, instituído por meio da Resolução n.º 40 de 26/07/2011, com o objetivo de prover escolas públicas de Ensino Fundamental. Sua característica são classes multisseriadas ou turmas seriadas de 1º a 5º ano. Essas escolas são contempladas com livros de Letramento, Alfabetização e Língua Portuguesa, Matemática, Ciências, História e Geografia.¹²⁵ O diferencial das obras do PNLD Campo está no fato de as coleções atenderem o formato multisseriado e seriado, sendo possível diversificar a oferta de projetos pedagógicos aos professores.¹²⁶

O Decreto n.º 9.099, de 18 de julho de 2017, unificou as ações de aquisição e distribuição de livros didáticos e literários, anteriormente contempladas pelo Programa Nacional do Livro Didático, PNLD, e pelo Programa Nacional Biblioteca da Escola, PNBE. Com nova nomenclatura, o Programa Nacional do Livro e do Material Didático – PNLD também teve seu escopo ampliado com a possibilidade de inclusão de outros materiais de apoio à

¹²⁴ Kato, Cláudia Mikie. “A utilização do livro didáticos em aulas de química”, 21-22.

¹²⁵ BRASIL. Resolução/CD/FNDE n.º 40, de 26 de julho de 2011. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro Didático do Campo (PNLD Campo) para as escolas do campo. <https://www.fnde.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/item/3463-resolucao-cd-fnde-n-40-de-26-de-julho-de-2011>.

¹²⁶ Kato, Cláudia Mikie. “A utilização do livro didáticos em aulas de química”, 22.

prática educativa para além das obras didáticas e literárias: obras pedagógicas, softwares e jogos educacionais, materiais de reforço e correção de fluxo, materiais de formação e materiais destinados à gestão escolar, entre outros.¹²⁷

Após esta análise pudemos observar que o processo de formulação dos livros didáticos leva em conta muitos aspectos, que vão desde os sociais, econômicos, políticos, e educacionais aos da própria logística desses materiais didáticos. Neste momento entraremos no levantamento de pesquisas que tratem dos temas livro didático e o livro didático no ensino de Química.

Choppin é um pesquisador que vem estudando sobre os livros didáticos há algum tempo, assim como Mortimer e Scheffer.¹²⁸ Além destes estudiosos, aqui estão alguns autores e seus trabalhos de dissertação, tese e artigos levantados para nossa pesquisa: Schnetzler¹²⁹ realizou pesquisa investigativa em livros de Química dirigidos ao ensino secundário, publicados durante os anos de 1875 a 1978. A investigação foi pautada na presença do conhecimento químico com a vida cotidiana e a presença de experiências; Lopes¹³⁰ analisou do ponto de vista epistemológico e histórico, o ensino de Química no Brasil; Fracalanza¹³¹ realizou estudo acerca das produções de trabalhos sobre o livro didático de Ciências no Brasil na primeira metade da década de 80; e Bittencourt¹³² faz uma reflexão sobre o papel do livro didático na construção do saber escolar, permitindo acompanhar desde a concepção até a sua utilização em sala de aula, considerando os aspectos sociais, culturais, políticos e econômicos, conferindo dimensão específica.

O estudo de Bittencourt aponta a dependência do professor frente a um material de ensino que direciona e condiciona o conhecimento das disciplinas escolares, tornando o livro o único detentor do saber transmitido pela escola.¹³³ Segundo Schnetzler, os livros didáticos

¹²⁷ BRASIL. PNLD. <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>.

¹²⁸ Choppin, Alain. “História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte”. *Educação e pesquisa* v.30, n.º3.

¹²⁹ Schnetzler, Roseli Pacheco. “O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino de Química de 1875 a 1978”. Dissertação de mestrado em Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1980.

¹³⁰ Lopes, Alice Ribeiro Casimiro. “Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química”. Dissertação de mestrado em Educação, na Fundação Getúlio Vargas, 1990.

¹³¹ Fracalanza, Hilário. “O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de ciências no Brasil”. Tese de Doutorado em Educação na Universidade Estadual de Campinas, 1992.

¹³² Bittencourt, Circe Maria Fernandes. “Livro didático e conhecimento histórico: uma história escolar”. Tese de Doutorado em História na Universidade de São Paulo, 1993.

¹³³ Kato, Cláudia Mikie. “A utilização do livro didáticos em aulas de química”. Dissertação de mestrado em Educação para a ciência e a matemática, na Universidade Estadual de Maringá, 2014.

de Química adotados no ensino secundário, apresentavam características que evidenciavam a manutenção de um ensino tradicional, com ênfase na memorização e repetição dos conteúdos.¹³⁴ Lopes, aponta que os obstáculos epistemológicos nos livros didáticos podem aparecer de várias maneiras, como analogias, modelos, imagens e até como metáforas, o que para a pesquisadora acaba dificultando a aprendizagem dos conteúdos pelos alunos. Ela ainda destaca duas vertentes de obstáculos: os hábitos intelectuais dos professores ao transmitirem o conhecimento sem questionamento e os hábitos dos alunos que são reforçados pelos professores por meio do livro.

Podemos perceber que apesar das diversas mudanças ocorridas ao longo dos anos no ensino de Química, podemos concordar com Kato quando a estudiosa relata que as concepções do ensino tradicional continuam fortemente presentes na prática de muitos professores.¹³⁵ A partir destas pesquisas, e retomando o olhar para o tema deste trabalho, buscamos saber quem estudava a inserção destes conceitos nos livros didáticos, quem estudava sobre os modelos no ensino, sobre a relação modelo analogias e sobre a concepção de modelo nos livros didáticos. Barreto e Bejarano¹³⁶ pesquisam sobre a ligação covalente, abordando o conceito da teoria do orbital molecular. Rosentalski e Porto¹³⁷ pesquisam sobre o uso de imagens dos orbitais em livros didáticos no século XX e Pereira *et al*¹³⁸ fizeram uma contextualização histórico-filosófica de orbitais atômicos e moleculares, entre outros pesquisadores¹³⁹.

Barreto e Bejarano, concluem que levando em consideração os livros como indicadores do que ocorre na sala de aula, a falta de clareza epistemológica sobre modelos e teorias pode levar professores e estudantes a acreditarem que na Ciência, esses conceitos sejam idênticos. Rosentalski e Porto, concluíram que o uso de imagens equivocadas nos livros didáticos acarretava dificuldades para o ensino, propondo que estas dificuldades fossem superadas por meio da discussão explícita sobre o manejo e a compreensão das representações. Já Pereira *et al*, consideram que a compreensão do conceito de orbitais

¹³⁴Ibid., 33.

¹³⁵ Kato, Cláudia Mikie. “A utilização do livro didáticos em aulas de química”, 33.

¹³⁶ Barreto; e Bejarano. “Modelos de ligação química”. *XVIII ENEQ*.

¹³⁷ Rosentalski; e Porto. “Imagens de orbitais em livros didáticos”. *Investigações em ensino de ciências*.

¹³⁸ Pereira *et al*. “Contextualização Histórico-filosófica de orbitais atômicos e moleculares”. *História da Ciência e ensino*.

¹³⁹ Chamizo, José Antonio. “Los modelos de la Química”. *Naturaleza de la Ciencia o Quimotrivia*

Rejecta v.17, n°4 (2006) 476-482; Giere, Ronald N. “How models are used to represent reality”.

Philosophy of Science, n° 71 (2004) 742-752; Niaz, Mansoor. “Do general chemistry textbooks facilitate conceptual understanding?”. *Química Nova* v.28, n°2 (2005) 335-336.

em átomos e moléculas é de grande importância para o aprendizado de Química, principalmente no que concerne ao entendimento de ligações químicas, tipos de estruturas e propriedades de substâncias. Eles desenvolvem então uma análise crítica das teorias utilizadas para descrever e ensinar orbitais. Explicitando e discutindo não apenas as suas mais relevantes teorias, mas também os autores por trás delas, o contexto histórico em que foram criadas e como este contexto afetou seu desenvolvimento, visando mostrar uma visão mais abrangente destes conceitos.

Os demais artigos pesquisados, trouxeram alguns outros pontos de vista em relação tanto ao nosso estudo quanto aos artigos lidos e comentados anteriormente. Chamizo em seu artigo tem como foco principal a Química, e reconheceu as peculiaridades e limitações de modelos que estavam por trás de muitos conceitos, expondo a importância destes modelos na educação da Química em qualquer nível da educação. Giere argumenta que o foco do uso de modelos deve estar na atividade pragmática da representação, onde os cientistas usam modelos para representar aspectos do mundo para fins específicos. Ele argumenta que as representações científicas deveriam ser ensinadas de maneira geral, ou seja, em termos do uso de modelos por cientistas para representar aspectos do mundo para vários propósitos. O artigo de Niaz mostra que a maioria dos livros didáticos não somente ignoram o contexto da construção do conhecimento científico, como enfatizam o ensino dos resultados, e expõe que uma reconstrução histórica do progresso científico inevitavelmente leva a controvérsias e debates, que podem causar nos estudantes interesse e, portanto, facilidade no entendimento.

Com base nestes estudos, conseguimos organizar nossa linha de pensamento para nossa pesquisa. Portanto, chegamos à conclusão que ensinar por meio da consideração de aspectos históricos do conhecimento científico faz com que este conhecimento se apresente, para os alunos, contextualizado, pertencente a um momento, que o conhecimento sempre pode ser modificado conforme novos fenômenos são apresentados ao longo do tempo, ao passo que quando o conhecimento representado em livros e outros materiais didáticos é reduzido única e exclusivamente ao produto da Ciência, estudantes e professores, não aprendem ou ensinam sobre os pressupostos, controvérsias ou contradições que são parte fundamental na transformação e construção do conhecimento científico.

Evidenciamos assim que vários estudos mostram que o ensino de conceitos abstratos, particularmente de modelos científicos de geometria molecular, pode ser apresentado de forma mais abrangente e desmistificada por parte dos professores, de modo a facilitar sua compreensão por parte dos alunos, através da História da Ciência, mostrando este lado humanizando de uma Ciência não neutra.¹⁴⁰

2.3 Critérios de análise de livros didáticos conforme Guia do PNLD de 2018

Como vimos no primeiro capítulo, a falta de explanação teórica de conteúdos científicos causa uma dificuldade no ensino aprendizagem de teorias mais abstratas no ensino de Química, como é o caso dos modelos. Tendo isto em mente, propusemos, com base em estudos desenvolvidos por vários pesquisadores, que a utilização de uma interface entre História da Ciência e ensino de Química, seria uma maneira viável e de grande importância para o ensino dos modelos de geometria molecular.

Depois de levantarmos nossa hipótese de pesquisa, julgamos necessária a análise de como os modelos geométricos foram tratados e transmitidos nos livros didáticos de Química no Ensino Médio, e para isto, escolhemos alguns livros, indicados nos últimos oito anos pelo Programa Nacional do Livro Didático, PNLD – programa que, como já visto, é responsável pela distribuição gratuita de livros didáticos para as escolas públicas de ensino Fundamental e Médio.

Como vimos anteriormente, nas últimas décadas o ensino de Química tem passado por importantes transformações didático-pedagógicas. Infelizmente, ainda permanecem tradições escolares que tratam a Química no Ensino Médio como um conjunto de práticas mecânicas de ensino e aprendizagem, com priorização à memorização de fórmulas, de regras e de símbolos químicos. Porém, nas últimas décadas, os livros didáticos de Química têm buscado superar a apresentação de definições isoladas dentro de boxes dos capítulos, e o PNLD Química tem influenciado, sobremaneira, nessa superação. As coleções têm buscado estabelecer relações mais fortes entre contexto, teoria e representação, com a valorização da História da Química, passando a considerar também a presença da mulher na produção do conhecimento, o enfrentamento à ideia da Ciência

¹⁴⁰ A discussão de como se usar a História da Ciência no ensino dos modelos, ainda ficara na teoria, neste trabalho, mas futuramente pretendemos elaborar e publicar proposta de ensino fundamentada neste estudo.

como produção individual, a mutabilidade dos modelos explicativos, o reconhecimento da promoção científica em outros centros que não o europeu, a participação de diferentes grupos étnicos no desenvolvimento dos saberes etc.¹⁴¹

Para avaliação dos livros didáticos de Química no Guia do Programa Nacional do Livro Didático, foram considerados critérios que abrangeram desde a legislação educacional brasileira até aspectos específicos do conhecimento químico e seu ensino. A partir dessas considerações, foram construídos os critérios de avaliação do componente curricular Química no PNLD 2018. Este programa foi criado pelo governo federal, e segundo o FNDE, é tarefa dos professores e equipe pedagógica analisar as resenhas contidas nesse guia para escolher adequadamente os livros a serem utilizados em um período de três anos. Nele, encontramos algumas categorias utilizadas para análise dos livros didáticos, que se relacionam às visões de Ciência e de História da Ciência que resumimos e listamos a seguir.¹⁴²

1. Considera a Química como um conjunto de conhecimentos, práticas e habilidades voltados à compreensão do mundo material nas suas diferentes dimensões, incluindo o contexto social de produção econômica.
2. Situa conceitos químicos em diferentes contextos e ou situações da vivência cotidiana.
3. A Ciência Química é compreendida como atividade humana de caráter histórico, cultural e provisório.
4. Contempla a abrangência teórico-conceitual da Química (História da Ciência, CTSA, experimentação etc.);
5. Valoriza a construção do conhecimento químico a partir de uma linguagem constituída por representações e símbolos especificamente significativos para essa Ciência e que necessitam ser mediados na relação pedagógica;
6. Rompe com uma abordagem metodológica baseada em atividades didáticas que enfatizam exclusivamente aprendizagens mecânicas, com a mera memorização de fórmulas, nomes e regras, de forma descontextualizada.

A partir desses critérios estipulados pelo guia para a escolha dos livros didáticos, um dos nossos critérios de análise dos modelos de geometria molecular e seus temas nos livros

¹⁴¹ M.E.C.; Guia PNLD 2018, 8-12.

¹⁴² Ibid., 14-19.

didáticos é analisar como o PNLD relaciona o uso da História da Ciência com o ensino de Química, estabelecendo uma comparação entre a abordagem da História da Ciência apresentada pelos livros e as pesquisas mais recentes sobre a História da Química, que enaltecem o uso da perspectiva historiográfica mais atual no ensino, por apresentar melhores resultados nesta interação, pois busca contextualizar o conhecimento ensinado.

Visando contribuir para o debate sobre a interface destas áreas, o objetivo desse trabalho foi trazer uma análise dos aspectos historiográficos e da abordagem dos modelos científicos de geometria molecular presentes nos livros didáticos, utilizando alguns critérios levantados e elaborados, tomando como base os apontamentos discutidos no capítulo um, os estudos desenvolvidos por Ferreira & Justi; Silva, Fonseca & Freitas; e Beltran, Saito & Trindade,¹⁴³ e alguns selecionados dentro do próprio Guia PNLD, citadas anteriormente, bem como algumas considerações sobre as perspectivas historiográficas na abordagem da História da Ciência. Vale ressaltarmos aqui, que nossa intenção não foi analisar os livros didáticos por completo, e sim, os episódios que fazem menção às ideias dos modelos de geometria molecular.

Tais critérios, levam em consideração a necessidade de definição de conceitos e teorias, a atenção às analogias e seu alcance no âmbito representacional, a transformação dos modelos no decorrer do tempo, os limites do que um modelo pode representar e de como ele representa, além da perspectiva historiográfica utilizada. Estes, são pontos que consideramos relevantes, pois quando tratamos do ensino de modelos a jovens do Ensino Médio, a questão está em como nosso aluno formará sua concepção de modelo. Estes critérios de análise fazem parte do que acreditamos ser necessário para o auxílio na formação desta concepção, pois são características essenciais para entendimento e construção dos modelos, sejam eles mentais ou físicos. O importante é que a concepção destes modelos, esteja embasada cientificamente e, para isso, é necessário haver o conhecimento.

¹⁴³ Silva; Fonseca; & Freitas. “Uma breve História da Geometria Molecular”. *Acta Scientiae*, 627; Ferreira; & Justi. “Modelagem e o “Fazer Ciência”. *Química nova na escola*, n°28 (2008) 32-36; Silva; Fonseca & Freitas. “Uma breve História da Geometria Molecular sob a perspectiva didático-epistemológica de Guy Bousseau”. *Acta Scientiae*, v.20, n° 4 (agosto-julho de 2018) 626-647; e Beltran; Saito; & Trindade. *História da Ciência para Formação de Professores*. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 101-118.

2.4 Alguns aspectos da abordagem dos modelos científicos de geometria molecular presentes nos livros didáticos: seleção de tópicos relevantes

Entre os tópicos levantados no capítulo um, e discutidos no decorrer do trabalho, vale retomarmos um pouco nosso pensamento para deixar claro quais são nossas ideias de análise dos modelos de geometria molecular. Entre os apontamentos levantados, as características que consideramos mais importantes no ensino de modelos científicos e na aprendizagem deles por nossos alunos, são as necessárias elucidações corretas do que são, como são elaborados e qual sua finalidade na Ciência; a discussão da limitação do que esses modelos representam, como eles representam, com uso de analogias, distancia proporcional, cores fantasia, sendo explicitadas essas características para o leitor aluno e propondo que o professor seja o mediador desse conhecimento em sala de aula; além dos aspectos históricos utilizados nesses livros didáticos para abordagem o tema dos modelos de geometria molecular, ou seja, esse modelo é apresentado de forma pronta e acabada resumida ao conhecimento mais recente que se tem deste modelo, os cientistas que desenvolveram suas premissas estão presentes, qual a visão de Ciência nesses livros didáticos, se esses modelos são apresentados como verdades absolutas, entre outros. Sendo assim, aqui destacamos os seguintes tópicos que nos ajudaram a alinhar nossa descrição de análise desses modelos de geometria molecular:

- a) conceituação de modelo científico
- b) considerações sobre limitações dos modelos
- c) considerações sobre as transformações dos modelos
- d) abordagem histórica e suas características

Portanto, a presente pesquisa avalia se esses tópicos são apresentados apenas de forma pronta e acabada ou se há discussões sobre elaboração e construção relativas aos conhecimentos científicos, abordando os contextos sociais, e visando mostrar numa perspectiva histórica que favoreça evidenciar que não existe um modelo correto, e sim, leituras diferentes dos mesmos fenômenos, mostrando o caráter dinâmico da Química.

Para este estudo inicial, os livros didáticos sugeridos pelo PNLD nesses últimos oito anos, 2018, 2015 e 2012, e selecionados por nós para análise, tanto por conta do fácil acesso a eles neste momento de pandemia, quanto por conta do fato de todos eles apresentaram em sua análise descritiva da obra, nos guias dos programas, a consideração a importância

da contextualização do conhecimento químico. Buscando valorizar o pensamento dos estudantes e a introdução de um modo de ver e pensar o mundo, que se contrapõe ao ensino excessivamente conceitual, rompendo com o ensino de conteúdos por meio da memorização e trazendo propostas de atividades que integrem a contextualização dos estudos que serão desenvolvidos nos capítulos. Sendo assim, os livros escolhidos foram:

- 1- Novais; & Tissoni. Vivá. Química 1º ano. 1ª edição. Curitiba: Editora Positivo, 2016.
- 2- Fonseca, Martha Reis da. Química. 1ª edição. São Paulo: Ática, 2013.
- 3- Mortimer, E. F; & Machado, A. Química. Ensino médio. 2ª edição. São Paulo: Editora Scipione, 2013.
- 4- Santos, Wildson Pereira dos; & Mól, Gerson de Souza. Química Cidadã. 2ª edição. São Paulo: Editora AJS, 2013.
- 5- Fonseca, Martha Reis da. Química. 2ª edição. São Paulo: Ática, 2016.
- 6- Mortimer, E. F; & Machado, A. Química. Ensino médio. 3ª edição. São Paulo: Editora Scipione, 2016.
- 7- Ciscato; Pereira; Chemello; & Proti. Química. Ciscato, Pereira, Chemello e Proti. Ensino médio. 1ª edição. São Paulo: Editora Moderna, 2016.
- 8- Canto; & Peruzzo. Química na abordagem do cotidiano. 4ª edição. São Paulo: Editora Moderna, 2006.

2.5 Análise dos livros didáticos de Química selecionados

Com base nos tópicos escolhidos, dividimos a análise dos livros didáticos em itens para comentar, com fundamentação, as informações obtidas com a análise, finalizando com a leitura atenta e contextualizada dos livros selecionados. Ao final, apresenta-se uma síntese do que foi analisado. Procuramos nos referir aos livros didáticos pelos números em que eles foram analisados, que é a mesma ordem dos que foram listados anteriormente.

a) Conceituação de modelo científico

Todos os livros analisados procuram conceituar e definir o que são modelos científicos e as teorias. Os livros 1, 3, 6 e 8 procuram ainda apresentar as definições dos modelos, teorias e fenômenos químicos, usados nos estudos de Física e Química, assim como abordam as representações que os químicos utilizam em seus estudos: símbolos, fórmulas

e outras representações em química. Os livros 2, 4, 5 e 7 apresentam o que consideram as principais etapas do método científico indutivo, apontando que em uma destas etapas está a criação de modelos, expondo que um modelo é uma imagem mental que os cientistas utilizam para explicar uma teoria a respeito de um fenômeno que não pode ser observado diretamente, ressaltando que o cientista deve primeiro observar dados concretos e depois, a partir de uma base experimental, estruturar sua teoria. Procuram evidenciar que os modelos não surgem do nada, como uma ideia aleatória, mas sim embasada em dados concretos e observações para que o modelo possa estruturar sua teoria.

O livro 4 ressalta ainda, que há diferentes métodos científicos de pesquisa e que eles estão em constante mudança, e ao abordarem os modelos científicos ressaltam que *“acreditamos nos modelos que conseguem explicar de modo satisfatório os fenômenos investigados”*¹⁴⁴. Para melhor argumentar o porquê esta frase chamou nossa atenção, peguemos o trecho completo para analisar. O capítulo em que está inserida tal concepção de modelos e teorias discute sobre os estudos dos gases, tendo como tema em foco de apresentação a poluição atmosférica e o aquecimento global. Logo após um debate e estudo deste tema, é apresentado um tópico, *medidas, fenômenos e modelos*, onde é discutida a possibilidade de alterar as estruturas das substâncias.

*“A possibilidade de alterar as estruturas químicas das substâncias permitiu o desenvolvimento e a síntese de uma diversidade de substâncias presentes nas sociedades modernas. Muitas dessas novas substâncias têm provocado mudanças significativas no delicado equilíbrio de nosso planeta. Compreender esse equilíbrio e suas mudanças é fundamental para que possamos pensar em modelos de desenvolvimento que preservem a vida em nossa delicada residência terrestre.”*¹⁴⁵

Aqui a palavra modelo mostra que a elaboração de modelos surge a partir de um problema a ser solucionado.

Para essa compreensão, é ressaltado ser fundamental que se saiba as substâncias envolvidas, suas propriedades e transformações. Esta compreensão só é possível a partir do entendimento das estruturas básicas da matéria. Aqui entra o conceito de átomo e o

¹⁴⁴ Santos, Wildson Pereira dos; & Mól, Gerson de Souza. *Química Cidadã*, vol.1, 113.

¹⁴⁵ *Ibid.*, 113.

fato dele não ser observável diretamente nem por meio de instrumentos ópticos, abrindo espaço para a dúvida

*"[...] que fatos nos levam a acreditar em sua existência? [...] Para apresentar os fatos que levaram os cientistas a crerem na existência de átomos, vamos desenvolver estudos que fornecem a base experimental para a consolidação desse modelo. Acreditamos nos modelos que conseguem explicar de modo satisfatório os fenômenos investigados."*¹⁴⁶

Esta frase chamou nossa atenção, primeiramente, pois o aluno ao ler e interpretar esta sentença será levado a concluir que apenas os modelos que explicam “corretamente” um fenômeno são válidas, o que sabemos que não é verdade, pois diferentes modelos podem explicar determinados fenômenos e ainda sim serem válidos cientificamente, ou, olhando anacronicamente, não é porque a teoria ou modelo que um dia serviu para explicar um fenômeno e hoje já não mais serve, que é agora considerada errada, ela apenas apresenta limitações, em diferentes contextos, perante outros critérios de avaliar e validar conhecimentos.

Mais adiante, os autores ressaltam:

*“que todo conhecimento revela limitações. Sabemos que quanto maior a precisão das medidas, mais confiança poderemos ter nos resultados. Mesmo assim, os resultados e as leis geradas por eles jamais serão verdades incontestáveis: outros modelos e teorias sempre poderão superá-los.”*¹⁴⁷

Então aqui paira a dúvida, o que os autores quiseram expressar com o modo ‘satisfatório’ de explicação dos fenômenos investigados? Procurando a maneira com a qual tais modelos são tratados no livro, percebemos que no próximo capítulo, os autores começaram a abordar as teorias atômicas e seus modelos e deixaram claro que estes não são absolutos, sofrem transformações e que pode existir mais de uma teoria que consegue explicar o mesmo fenômeno em estudo. A partir daqui vemos que ao abordar tais teorias, começam com a ideia de átomo de Dalton e passam pelo percurso das teorias aceitas, numa ideia de evolução até o modelo quântico para o átomo. Portanto, o que podemos concluir dessa questão analisada é que o ‘satisfatório’ está relacionado ao fato do modelo

¹⁴⁶ Santos, Wildson Pereira dos; & Mól, Gerson de Souza. *Química Cidadã*, vol.1, 113.

¹⁴⁷ *Ibid.*, 117.

ser aceito por uma comunidade científica e permanecer em vigência enquanto responde satisfatoriamente a explicação do fenômeno.

O livro 7 também ressalta que uma teoria científica não é uma verdade absoluta, mas sim um conjunto de explicações em determinado momento histórico considerado o mais próximo possível da realidade.¹⁴⁸ Algo que deve ser sempre enfatizado no ensino de modelos na sala de aula, não existe um modelo único que abrangerá todas as teorias do momento, existe aquele modelo que melhor se encaixa e que cientificamente é mais aceito para a explicação de determinado fenômeno.

O modelo da geometria molecular é apresentado nos livros 1, 2, 4, 5, 7 e 8 simplesmente com a teoria da repulsão dos pares de elétrons na camada de valência. Os livros 1, 6 e 8 complementam a abordagem do conteúdo com a tabela bidimensional dos tipos de geometria e utilizam como exemplo de estrutura das moléculas, o modelo das bexigas de festa amarradas. Os livros 2, 4 e 5 abordam a teoria da repulsão dos pares de elétrons na camada de valência como um aperfeiçoamento da teoria de Sidgwick-Powell de 1940, que também estava vinculada à estrutura molecular e representacional das moléculas orgânicas. Ou seja, uma maneira linear de retratar um conhecimento acumulativo e melhorado. O livro 3 usa apenas o modelo das bexigas de festa para representar e explicar os tipos de geometrias moleculares dos compostos orgânicos. E os livros 4, 5 e 7 utilizam a tabela bidimensional como material complementar a introdução dos tipos de geometria, porém algumas dessas geometrias são deixadas de lado, pois na visão dos autores não são muito utilizadas.

Quanto aos critérios selecionados com base no guia do PNLD, podemos concluir que os livros 1, 3, 6 e 8 contemplam o critério 5, valorizando a construção do conhecimento químico a partir de uma linguagem própria dessa ciência. Os livros 2, 4, 5 e 7 contemplam os critérios 1, 3 e 5 do guia, considerando a Ciência Química como um conjunto de conhecimentos, práticas e habilidades voltados à compreensão do mundo material e suas dimensões. Porém, quando focamos nos modelos de geometria molecular, os livros 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 8 não contemplam o critério 6 do guia, de romper com uma abordagem

¹⁴⁸ Cicato; Pereira; Chemello; & Proti. *Química. Cicato, Pereira, Chemello e Proti. Ensino médio. 1ª edição.* São Paulo: Editora Moderna, 2016. vol 1, 84.

metodológica baseada em atividade que enfatizam a aprendizagem mecânica, com a mera memorização do conteúdo.

b) Considerações sobre as limitações dos modelos

Quanto ao quesito de apresentar as limitações dos modelos, representações e analogias, temos que dirigir nossa atenção para duas partes dessa questão. Uma tem a ver com a apresentação dos limites quanto ao fato de serem palpáveis ou não, de serem imagens reais ou idealizações do real e quanto ao fato de ser provisório devido ao caráter dinâmico da Ciência. O outro tem a ver com a verossimilhança da representação, analogia ou modelo, quer dizer, quanto ao fato desta representação explicar o uso de cores fantasias, da escala de tamanhos usada ser representativa, da proporcionalidade dos átomos não ser exata, da distância entre os átomos etc. Portanto, neste critério nos detivemos a estes dois nichos de limitações. Adiantamos que todos os livros analisados apresentaram as limitações dos modelos e suas representações, porém nem todos apresentaram estes dois nichos de limitações e nem o porquê destas limitações tanto na ideia da concepção de modelo quanto em suas representações.

Os livros 1, 2, 5, 6, 7 e 8 apresentam as limitações com relação a proporcionalidade da imagem, se as partículas são visíveis ou não a olho nu, a relação entre as cores, os átomos e a relação de tamanhos e escalas com o real etc. Porém os livros 2, 7 e 8, não apresentam a limitação quanto ao fato de serem idealizações e não serem palpáveis. Os livros 3 e 4 não apresentam as limitações dos modelos e teorias frente ao uso de cores fantasia, ou escalas de tamanho ou até mesmo proporcionalidade entre os átomos, mas os autores explicitam que:

“determinados fenômenos necessitam de modelos para serem compreendidos. Não devemos enxergar um modelo como uma cópia da realidade. Um modelo é apenas uma representação, uma aproximação do que ocorre na realidade. Ao mesmo tempo, cada modelo é útil na explicação de certas propriedades e transformações que a realidade apresenta. Se elas não puderem ser explicadas por um modelo, ele deve ser substituído ou modificado”¹⁴⁹

Descrição necessária para apresentação e elaboração de modelos aos jovens, uma vez que é uma ferramenta recorrente na química e deveras abstrata.

¹⁴⁹ Mortimer, E. F; & Machado, A. *Química 1. Ensino médio*. 2ª edição. vol. 1, 150.

No livro 5, o sexto capítulo discute sobre a eletronegatividade e a radioatividade e logo no início promove uma seção *a imagem do átomo*, que já nos chama a atenção para o seu título. O texto começa descrevendo que “*imagens dão segurança para tirarmos conclusões. Foram necessários lunetas e telescópios para entender melhor o Universo. Da mesma forma, os microscópios nos ajudaram a compreender aquilo que não podemos ver a olho nu.*” Até aqui, não tem nada que não concordemos, de fato a representação na forma de imagens nos dá uma maior segurança quanto aquilo que está sendo estudado. Porém, em seguida, a autora ressalta que “*hoje o átomo já é uma realidade "visível". O instrumento que nos permite "ver" o átomo é o microscópio eletrônico de varredura por tunelamento*”. O que dá a entender que é possível visualizar o átomo através desse aparelho, e nos remete a nossa discussão levantada no primeiro capítulo, pois é uma concepção errada a ser passada ao nosso aluno, uma vez que os átomos não são visíveis nem a olho nu, nem microscopicamente. Mesmo usando as aspas para colocar em destaque a palavra ver, implicando em um sentido não exato da palavra, como se não fosse possível realmente ver esta partícula, o uso desta maneira de discorrer sobre o assunto abre espaço para a dúvida e a interpretação equivocada do real sentido que a autora pretendia com seu texto.¹⁵⁰ Até porque, em seguida ela já parte para a explicação de como ocorre a leitura através deste aparelho e as novidades que ele trouxe para o mundo da Ciência química, sem explicar especificamente que “ver” é apenas um modo de falar.

Os modelos de geometria apresentados, os livros 1 e 8 utilizam a tabela bidimensional com os tipos geométricos, mas não apresentam as limitações desta representação. Os livros 2, 4, 5, 7 e 8 explicitam o uso de cores fantasia nos modelos e o fato da escala não ser fiel aos tamanhos reais das moléculas. Os livros 3, 6 e 8 utilizam o exemplo do modelo de bexigas de festa para representação das estruturas, e não explicitam as limitações deste modelo físico, como o tamanho das bexigas, a distância entre elas, as cores fantasia e a necessidade de diferença de cores entre os átomos além de seus tamanhos etc. Apenas foi dito o que os balões representavam naquele determinado modelo, os pares de elétrons existentes no átomo central.

Com relação ao segundo critério de análise elaborado, ao mesmo tempo que boa parte dos livros contemplam o critério 5, muitos deles também são insuficientes nesse quesito.

¹⁵⁰ Fonseca, Martha Reis da. *Química*. 2ª edição. vol. 1, 134.

Como dividimos este critério em duas partes em nossa análise, aqueles que esboçavam as limitações quanto a realidade e palpabilidade dos modelos, e aqueles que esboçam os limites quanto às representações dos modelos, os livros didáticos analisados acabaram não contemplando por completo o critério 5 do guia, referente à necessidade de mediação na relação pedagógica. Por exemplo, os livros 1, 2, 5, 6, 7 e 8 contemplam os limites quanto à representação, porém os livros 2, 7 e 8 não contemplam quanto aos limites da realidade desses modelos, ao mesmo tempo que também não atendem ao critério 1 do guia por esse mesmo motivo.

c) Considerações sobre transformações dos modelos

Todos os livros didáticos analisados atendem ao critério de considerar as transformações dos modelos frente a novos fenômenos estudados ou novas descobertas científicas. Ressaltamos aqui algumas argumentações dos autores dos livros que achamos mais importantes e significativas.

O livro 1 traz em sua explicação sobre os modelos e métodos científicos a necessidade de transformação dos modelos: *“nas Ciências Naturais, novos modelos surgem a partir da constatação de que fatos experimentais, até então desconhecidos, não podem ser explicados por modelos anteriores”*¹⁵¹.

O livro 2 também traz logo no início do capítulo onze, em que discute sobre a evolução dos modelos atômicos, uma argumentação interessantíssima ao conceituar o modelo científico e sua necessidade de transformação:

“sabemos que um modelo só é utilizado enquanto explica adequadamente determinado fenômeno ou experimento sem entrar em conflito com outros fenômenos ou experimentos conhecidos anteriormente. A substituição destes modelos só ocorre quando novas descobertas são feitas e, portanto, é necessário um novo modelo para explicá-las”.¹⁵²

Explicação necessária para estabelecer a necessidade de transformação dos modelos, para que novas estruturas possam ser aceitas e compreendidas também como parte da explicação de determinados fenômenos. Concomitante a isto a autora ressalta que *“paralelamente a cada grande descoberta, os cientistas foram elaborando novas teorias*

¹⁵¹ Novais; & Tissoni. *Vivá. Química 1º ano*. 1ª edição. Curitiba: Editora Positivo, 2016. vol.1, 87.

¹⁵² Fonseca, Martha Reis da. *Química 1*. 1ª edição. São Paulo: Ática, 2013. vol 1, 166.

e novos modelos de átomo para ilustrá-la”, o que já nos remete que é devido às grandes descobertas, que estes novos modelos e teorias foram desenvolvidos, passando uma ideia das grandes descobertas na Ciência, o que só promove uma visão distorcida de como se dá a construção predominantemente coletiva do conhecimento científico, reforçando a visão de gênios na Ciência.

Já o livro 6, ressalta a importância até de modelos que já caíram em desuso, expondo a necessidade de aperfeiçoamento dos modelos para determinados fenômenos e que estes modelos anteriores não perdem a validade. Exatamente a ideia de que queremos passar, pois os modelos não são absolutos, mas eles também não perdem sua validade por existirem modelos novos.

É de se notar que todos os livros contemplam o critério 3 do guia, da Ciência ser compreendida como atividade humana, de caráter histórico, cultural e provisório. Podemos até dizer que esses livros contemplam aspectos dos critérios 2 e 4 do guia, por situar o aluno na provisoriedade dos modelos, abrindo espaço para discussões em História da Ciência.

d) Abordagem histórica e suas características

Aqui, pretendemos analisar a maneira como a História da Ciência é retratada nesses livros didáticos e o tipo de abordagem/perspectiva historiográfica que se revela no texto. De certa forma, a História da Ciência esteve presente em todos os livros de alguma maneira, principalmente, quando o autor queria abordar uma curiosidade ou legendar alguma foto ou “box” histórico, utilizando-a como adorno ao conteúdo programático.

No livro 1, indicado pelo PNLD de 2018, no próprio guia consta que o livro contém uma seção chamada *Viagem no tempo*, que explora passagens da História da Ciência, curiosidades sobre cientistas e o contexto em que os conceitos, os modelos e as teorias foram elaboradas. Segundo uma análise da obra feita pelo guia, o conhecimento químico é conduzido, ao longo da obra, de forma contextualizada, considerando as dimensões sociais, econômicas e culturais da vida humana.¹⁵³ Pelo que pudemos perceber, a História da Ciência é bastante presente no corpo do texto, principalmente quando o assunto é o desenvolvimento da Química, abordando tópicos como *dos gregos ao nascimento da*

¹⁵³ M.E.C.; Secretária da Educação Básica; e Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Química PNLD 2018. <http://www.fnnde.gov.br/pnld-2018/>.

Química, alquimistas, trajetória de Lavoisier e o esclarecimento da teoria do flogístico, algumas contribuições de Lavoisier etc. Porém, todos estes assuntos são abordados em boxes isolados do conteúdo, e pretendem abordar temas complexos e trabalhosos de se explorar, em apenas três páginas em um estilo “resumão” dos gregos ao nascimento da Química, passando uma ideia simplista e de um conhecimento linear e em direção à química moderna, como se todo o conhecimento passado levasse diretamente a essa direção.

Os livros 2, 3, 5 e 6 apresentam a História da Ciência em poucos momentos, e quando aparece, está isolada em boxes, desconexa do conteúdo, é mostrada nas imagens das personagens em questão, com uma pequena legenda sobre quem foi o filósofo ou cientista, em alguns dos experimentos feitos, e nos resultados das descobertas transmitidas pelo livro, como a descoberta dos elétrons e dos prótons. Ela é mostrada como uma curiosidade sobre o acontecimento ou como uma biografia do personagem em questão. A História da Ciência presente nestes livros é mostrada como se fosse possível explicar fatos que ocorreram em um longo período de maneira resumida, o que acaba passando uma ideia simplista do processo de construção deste conhecimento. Mais uma vez os autores pretendem abordar a ideia de átomo da Grécia antiga aos tempos atuais. Mostrando ainda uma abordagem histórica tradicional aos conceitos.

O livro 4 segundo uma visão geral do guia PNLD de 2015, apresenta uma característica relevante da obra, que é a abordagem dos conhecimentos químicos em perspectiva sócio-histórica, apresentando uma visão de Ciência de natureza humana marcada pelo seu caráter provisório, enfatizando as limitações de cada modelo explicativo. A obra apresenta uma seção, “*A Ciência na História*”, que faz abordagens sobre a natureza do conhecimento científico, em termos de seu contexto de produção e validação, do papel do cientista, de sua temporalidade e incerteza.¹⁵⁴ Em nossa análise percebemos que a História da Ciência ainda permanece isolada do conteúdo em questão, de forma simplista, novamente, resumindo conhecimentos e técnicas, vangloriando grandes feitos e grandes cientistas ou filósofos que se destacaram ao longo do tempo, permanecendo com uma perspectiva mais tradicional de transmissão do conhecimento, que exalta o conhecimento atingido e não sua construção. O aparecimento da seção, *Ciência na História*, comentado

¹⁵⁴ M.E.C.; Secretária da Educação Básica; e Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Química PNLD 2015. <https://www.fnnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/5940-guia-pnld-2015>.

anteriormente, ratifica nossa análise acima, pois este conteúdo é apresentado na forma de box, *Dalton, o homem com visão especial*, distanciando-se do conhecimento passado e exaltando um personagem como se ele fosse um grande gênio na História, é evidente que aqui existe um trocadilho com seu problema de visão, mas o corpo do texto deste box evidencia o que acabamos de comentar.

O livro 7 foi o livro que apesar de manter características já existentes nos demais livros, apresentou o contexto das descobertas. De acordo com o guia do PNLD de 2018, o livro contempla os aspectos teórico-conceituais da Química em relação à História da Ciência e à experimentação. Por exemplo, a obra, no momento de trazer aportes históricos para estudar as relações ponderais, coloca em pauta os experimentos de Lavoisier e os contrapontos às ideias de Van Helmont, Becher e Stahl. Ao propor discussão sobre esses contrapontos, enfatiza o contexto histórico da produção do conhecimento químico, bem como algumas limitações das ideias lavoisierianas.¹⁵⁵ Em nossa análise, a História da Ciência apresentada no livro, mostra-se de forma contextualizada à época em questão, como uma construção humana e coletiva, sem grandes gênios ou grandes descobertas, mas é claro que ainda existe a forma resumida de se passar o conteúdo, focando diretamente nos resultados e ainda existe a subclassificação em tópicos, separando os conceitos, o que ainda faz se enquadrar em uma abordagem histórica tradicional.

O livro 8 aborda logo no início do primeiro volume que ter noção de História da Química, ajuda a compreender melhor como certos conceitos surgiram e porque seu surgimento foi importante. No capítulo introdutório apresenta algumas características da disciplina, Química, esboça brevemente sua evolução histórica e comenta de maneira geral o método científico, que permite a descoberta de leis científicas e a proposição de teorias.¹⁵⁶ A História da Ciência aparece em determinados momentos, isolados do conteúdo em si, para contar uma História de um acontecimento ou de uma situação, priorizando os resultados destes conhecimentos.

Quanto ao conteúdo de geometria molecular, em todos os livros didáticos ele foi apresentado de maneira pronta e acabada, com a valorização da teoria proposta em 1957 da repulsão dos pares de elétrons na camada de valência. O máximo que se fala nestes

¹⁵⁵ M.E.C.; Secretária da Educação Básica; e Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Química PNLD 2018. <http://www.fnnde.gov.br/pnld-2018/>.

¹⁵⁶ Canto; & Peruzzo. *Química na abordagem do cotidiano*. 4ª edição. vol 1, 9.

livros é que esta teoria é um aperfeiçoamento de uma teoria de 1940 que também visava melhor explicar a disposição dos átomos no espaço em moléculas orgânicas. Apenas no livro 8 que ao final do capítulo em que a geometria é abordada, que há um box contando um breve histórico da Química Orgânica, com seus primórdios, algumas teorias que se destacaram no percurso, as bases da Química Orgânica e como os cientistas pensaram para se chegar em algumas estruturas.

A História da Ciência nos livros 1, 3, 4, 5, 6 e 8 é apresentada de forma resumida, numa perspectiva mais tradicional, com a valorização dos resultados e dos grandes gênios e de uma evolução linear do conhecimento, em direção ao progresso, em direção à ciência do momento. Nos livros 2 e 3 ela está presente como um adorno, para rebuscar o conteúdo que está presente no livro, para complementar com algumas informações, sem contextualizar corretamente o período nem problematizar questões necessárias. No livro 7 aparece mais contextualizada, com uma visão de ciência de construção humana e coletiva, sem grandes gênios e descobertas, mas, ainda assim, focando nos resultados e na ciência contemporânea.

Quanto à abordagem histórica e suas características, a maior parte da História da Ciência presente nesses livros faz transparecer aspectos da perspectiva historiográfica tradicional, com a valorização do produto da Ciência, não contemplando o critério 6 do guia do PNLD, pois promove ainda um ensino aprendizagem mais mecânico e memorizado dos conceitos. Isso pode ser visto nos livros didáticos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8. Quanto aos estudos recentes de interação dessas duas áreas, todos esses livros até então citados, ainda permanecem com uma abordagem descontextualizada, exaltando os grandes feitos e os grandes cientistas, distante da abordagem que aqui consideramos mais eficiente para que essa interface ocorresse de maneira mais satisfatória, com melhores resultados e buscando a visão crítica dos alunos de uma Ciência viva e dinâmica. O livro 7 é o que mais contempla características do critério 6, pois busca uma maior contextualização das descobertas, trazendo aportes históricos para a obra, contemplando dessa maneira, os critérios 3 e 4 do guia também.

Quanto ao conteúdo da geometria molecular, especificamente, todos os livros didáticos analisados não contemplaram o critério 6 do guia PNLD, de romper com uma abordagem metodológica de aprendizagem mecânica, pois em todos eles, esse conteúdo foi apresentado ressaltando apenas os resultados deste conhecimento, enfatizando as

geometrias através de um ensino memorizado. Com exceção do livro 8 que ao final do capítulo aborda um breve histórico da Química Orgânica.

A partir da análise destes livros didáticos, podemos constatar que a História da Ciência está presente de maneira isolada do conteúdo ensinado, apenas como uma curiosidade, biografia ou complemento da matéria transmitida. De maneira geral, aparece de forma resumida e descontextualizado do período em que se elaborou tais concepções, na grande maioria sendo valorizado os grandes gênios e as grandes descobertas dos períodos, apresentando assim características de um ensino com uma abordagem histórica tradicional, que valoriza os resultados e não a construção e produção de um conhecimento.

A geometria molecular é apresentada com exemplificações do conteúdo através dos balões de látex ou beringelas, com uma tabela bidimensional com os tipos de geometrias existentes para as moléculas, sendo pouco abordadas as limitações destas ferramentas didáticas. De toda forma a ideia de geometria molecular é fundamentada sempre, majoritariamente, através da teoria da repulsão de pares eletrônicos da camada de valência, e os modelos físicos parecem servir apenas para confirmar “visualmente” essa teoria.

De acordo com a abordagem histórica presente nestes livros didáticos, os mais tradicionais em relação à História da Ciência, são os livros 1, 3, 6, 7 e 8. Mas, todas estas abordagens frente à História da Ciência já foram amplamente discutidas no âmbito do ensino de Química, e apesar de ainda serem muito utilizadas pelos livros ou materiais didáticos, como vimos, atualmente tem se buscado perspectivas que tragam mais a contextualização para o saber escolar, característica essa que não está presente nas abordagens históricas de conteúdos nesses livros.

Para finalizar, percebemos que o tópico elaborado a partir de nossas discussões no capítulo um dos menos atendido nos livros analisados foi relativo à consideração das limitações dos modelos, principalmente quanto à representação destes modelos, no quesito cores fantasia, distância dos átomos, padrão ou não de cores, proporcionalidade e escala das imagens. Quanto à análise da História da Ciência neles presente, percebemos o uso ainda de uma abordagem historiográfica tradicional, com enfoque apenas nos resultados desta Ciência, na história daquilo que deu certo e que aparentemente conduziu à Ciência no momento atual. Desse modo, os livros analisados valorizam em grande parte,

um ensino mais mecânico e cheio de dogmas, um ensino mais simplista e preocupado com o resultado das teorias e modelos em questão para a ciência do agora. Um ensino ainda descontextualizado, cheio de grandes feitos e descobertas, e uma Ciência quase neutra.

Considerações finais

O presente estudo sobre a necessidade e importância da discussão dos modelos científicos, em especial da geometria molecular, mostra a necessidade de discussões de fenômenos em instâncias macroscópicas e, principalmente, microscópicas em sala de aula; a exposição de limites de representações, modelos e analogias; suas transformações; discussões e estudos que promovam a utilização de uma abordagem mais adequada da História da Ciência no ensino. Levando em conta pesquisas já realizadas e com base em nossas ideias de como deveria ocorrer esta interface, a perspectiva historiográfica que se destacou e que fez mais sentido aos nossos objetivos, foi a atual, que contempla três esferas de análise (epistemologia, historiografia e contextual), mas tendo em vista que esta não é a única dentre as perspectivas, como já assinalamos.

Procurando entender como se deu a construção do pensamento em torno dos modelos, buscou-se estudos sobre os modelos científicos e os modelos de geometria molecular, em particular. Ao investigar, nesta dissertação, a abordagem de apresentação dos modelos científicos e a historiografia utilizada pelos autores nos livros didáticos escolhidos para análise, observamos que a geometria molecular é apresentada através de modelos dos balões de látex ou beringelas, e com uma tabela bidimensional com os tipos de geometrias existentes para as moléculas. Além disso, constatou-se que são pouco abordadas as limitações. Quanto à abordagem historiográfica, a História da Ciência, como tratada nos livros analisados ainda permanece com características muito fortes da perspectiva tradicional, isolada do conteúdo de ensino, descontextualizada e, na grande maioria dos livros, valorizando os gênios e as grandes descobertas.

Nosso objetivo de propor a utilização da História da Ciência como alicerce ao ensino de Química se dá com o intuito de mostrar a Ciência como dinâmica, viva, não permanente, inserida num contexto social, político e econômico, que por vezes influenciaram o desenvolvimento de investigações científicas. Além disso, abordagem histórica no ensino de conceitos químicos pode levar a desconstruir a ideia de Ciência como um conhecimento acabado, definitivo, restrito aos iluminados.

Acreditamos que este trabalho então, possa contribuir para a discussão que envolve a pesquisa relacionada com o livro didático e o ensino de Química, particularmente, a reflexão sobre seus conteúdos, abrindo espaço para discussões dos conceitos, limitações

e transformações, tanto em sala de aula quanto fora dela. Trazer para sala de aula os debates envolvendo tais conceitos propiciaria um melhor entendimento da concepção destas estruturas, tornando o ensino contextualizado ao invés da simples reprodução das fórmulas por “decoreba”. Aproximar nossos estudantes do contexto em que se desenvolveram tais ideias, gera mais curiosidade e interesse pelo assunto, propicia maior envolvimento, além de expandir seu conhecimento, pois mostra a disciplina como construção humana, que se desenvolve de modo não necessariamente linear, mas sempre em busca de ideias que expliquem observações. Definitivamente, uma Ciência não feita por poucos, gênios e estereótipos isolados.

Enfim, acreditamos que a abordagem histórica dos conteúdos pode ajudar a detectar os obstáculos na elaboração dos conceitos, sendo importantes nas análises de sua construção e na leitura de como os conceitos foram construídos e reelaborados. Para o advento das transformações dos modelos, a exemplificação de algumas estruturas moleculares, o entendimento do porquê essas estruturas foram desenvolvidas, como foram elaboradas e como foram sendo representadas ao longo do tempo fará com que o aluno entenda a construção deste conhecimento e se aproxime cada vez mais deste saber.

Concluimos, dessa maneira, que a discussão da interface entre a História da Ciência e o ensino de Química, neste trabalho, pode contribuir para reflexão e discussão da gênese e da transformação de conceitos e na análise dos diversos modelos de elaboração de conhecimentos. Além disso, a análise possibilitou constatar que a abordagem histórica dos conteúdos vai ao encontro de objetivos elencados nos Parâmetros Curriculares Nacionais e ao Guia Nacional do Livro Didático de Química 2018, mas que os livros analisados não atendem todos os objetivos propostos. Esperamos que este estudo possa contribuir para aprofundar debates e propostas na interface entre História da Ciência e ensino.

Bibliografia

- Aires, Joanez Aparecida. "A Construção das Disciplinas Escolares e a Influência dos Professores: O caso da Química em uma Instituição de Ensino Secundário Catarinense". *Revista tempos e espaço em educação* v.4, (janeiro-junho de 2010) 103-120.
- _____. "História da Disciplina Escolar Química: o caso de uma instituição de ensino secundário de Santa Catarina (1909-1942)". Tese de doutorado em Educação científica e tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.
- Albright, Thomas A.; Burdett, Jeremy K.; e Whangbo, Myung-Hwan. *Orbital Interection in Chemistry*. Second Edition. New Jersey: Wiley, 2013.
- Alfonso-Goldfarb, Ana Maria. "Como se daria a construção de áreas interface do saber?". *Kairós* v.6, n°1 (junho de 2003) 55-66.
- _____. "Documentos, métodos e identidade da história da ciência: Centenário Simão Mathias" *Circumscribere* v.4, (2008) 5-9.
- _____. *O que é História da Ciência?* 1ª edição. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- _____.; Ferraz, Marcia Helena Mendes; e Beltran, Maria Helena Roxo. "A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços". In: A. M. Alfonso-Goldfarb & M.H.R. Beltran (Orgs.) *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas*. Educ/Livraria da Física/Fapesp, 2004.
- Almeida, Márcia R.; e Pinto, Angelo C. "Uma breve história da Química brasileira". *Ciência e cultura* v.63, n°1 (janeiro de 2011) 41-44. Acessado em 13 de novembro de 2019. <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252011000100015>.
- Almeida, Wagner B. de; & Santos, Hélio F. dos. "Modelos Teóricos para a Compreensão da Estrutura da Matéria". *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n°4 (maio de 2001): 6-13.
- Ananthakrishnan, S. V. "The electronic theory of valency." *Current Science* v.15, n°2 (1946) 33-35. Acessado em 10 de julho de 2020. http://www.ias.ac.in/j_archive/currsci/15/2/33-35/viewpage.html.
- Anjos, Juarez José Tuchinski. "História das disciplinas escolares: quatro abordagens historiográficas". *Revista reflexão e ação* v.21, (janeiro-junho de 2013) 281-298. Acessado em 22 de outubro de 2019. <http://online.unisc.br/seer/index.php/reflex/index>.
- Appelt, H.R.; Oliveira, J.S. de & Martins, M.M. "Modelos moleculares: passado e presente". *Experiências em Ensino de Ciências* v.4, n°3 (2009) 7-16.
- Araújo-Neto, W. N. "A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural". *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n° 7 (2007): 13-24.
- Arroyo, Miguel González. "A função social do ensino de ciências". *Em aberto*, n°40 (outubro-dezembro de 1988) 3-11. Acessado em 23 de outubro de 2019. <https://doi.org/10.24109/2176-6673.emaberto.7i40.%25p>.

- Asimov, I. *A short history of chemistry*. New York: Anchor Books, 1965. Acessado em 18 de junho de 2020.
- Atkins, Peter. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Tradução: Ignez Caracelli, Julio Zukerman-Schpector, Robinson L. Camillo, Francisco C. D. Lemos, Regina Helena de Almeida Santos, Maria Tereza do Prado Cambardella, Paulo Celso Isolani, Ana Rita de Araújo Nogueira, e Elma Neide V. M. Carilho. Porto alegre: Bookman, 2001.
- _____.; e Jones, Loretta. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5ª edição, tradução técnica: Ricardo Bicca de Alencastro. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- _____.; Overton, Tina; Rourke, Jonathan; Weller, Mark; Armstrong, Fraser; e Hagerman, Michael. *Shriver and Atkins – Inorganic Chemistry*. 5ª edição. Nova Iorque: W. H. Freeman and Company, 2010.
- Autschbach, J. “Orbitals: some fiction and some facts”. *Journal of Chemical Education* v. 89, n° 8 (2012) 1032-1040. Acessado em 13 de maio de 2020.
<https://doi.org/10.1021/ed200673w>.
- Baily, C. “Early atomic models – from mechanical to quantum (1904–1913)”. *The European Physical Journal H* v.38, (2013) 1-38. Acessado em 16 de dezembro de 2019.
<https://arxiv.org/ct?url=https%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.1140%2Fepjh%2Fe2012-30009-7&v=742ff5c4>.
- Barbieri, Marisa Ramos. “Ensino de ciências nas escolas: uma questão em aberto”. *Em aberto*, n°40 (outubro-dezembro de 1988) 17-24. Acessado em 23 de outubro de 2019. <http://dx.doi.org/10.24109/2176-6673>.
- Barreto, Uarison Rodrigues; e Bejarano, Nelson Rui Ribas. “Modelos de ligação Química: Uma discussão filosófica”. *XVIII ENEQ*, (julho de 2016) 1-12.
- Beltran, Maria Helena Roxo. “História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares”. *Abakós* v. 1, n° 2 (2013) 67-77.
- _____., “O tetraedro de Van’t Hoff: algumas considerações sobre o papel dos modelos na história da química e no ensino.” *História, Filosofia e Sociologia da Ciência na Educação em Ciências Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC*, (novembro de 2013): 1-8.
- _____.; Rodrigues, Sabrina Páscoli; e Ortiz, Carlos Eduardo. “História da ciência em sala de aula – Propostas para o ensino das teorias da evolução”. *Revista história da ciência e ensino, construindo interfaces* v.4, (2011) 49-61.
- _____.; Saito, Fumikasu. Algumas propostas para contribuir na formação do cidadão crítico. In: *História da Ciência e ensino: abordagens interdisciplinares*. (Org) Beltran, M.H.R.; Trindade, L. dos S. P. São Paulo: Livraria da Física, 2017, 17-42.
- _____.; Saito, F.; & Trindade, L. S. P. *História da Ciência para Formação de Professores*. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- Beltran, Nelson O. “Ideias em movimento”. *O aluno em foco – Química nova na escola*, n°5 (maio de 1997) 14-17.

- _____. *História de um professor feliz*. Serie Ensino de Química. São Paulo: Editora livraria da física, 2016.
- Bezerra, Valter Alnis. “Estruturas conceituais e estratégicas de investigação: modelos representacionais e instancias, analogias e correspondência”. *Scientia & Studia* v.9, nº3 (2011) 585-609. Acessado em 22 de junho de 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662011000300007>.
- Bianco, André A. G.; e Meloni, Reginaldo A. “O Conhecimento Escolar: Um Estudo do Tema Diagrama de Linus Pauling em Livros Didáticos de Química – 1960/1970”. *Química nova na escola* v.41, nº2 (maio de 2019) 148-155. Acessado em 24 de julho de 2020. <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160156>.
- Bittencourt, Circe Maria Fernandes. “Abordagens históricas sobre a história escolar”. *Educação e Realidade* v.36, nº1 (janeiro-abril de 2011) 83-104. Acessado em 24 de julho de 2020. <https://seer.ufrgs.br/educacaoerealidade/article/view/15136/11519>.
- _____. “Livro didático e conhecimento histórico: uma história do saber escolar”. Tese de Doutorado em História na Universidade de São Paulo, 1993. Acessado em 15 de janeiro de 2020. <https://doi.org/10.11606/T.8.2019.tde-28062019-175122>.
- Blanco-Anaya, Paloma; Justi, Rosária; e Bustamente, Joaquín Díaz de. “Challenges and opportunities analysing students modelling”. *International Journal of Science Education* v.39, nº3 (2017) 377-402. Acessado em 24 de julho de 2020. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1286408>.
- Bonfanti, Aline; Angelin, Dioni; Fantinelli, Maiara; e Pastoriza, Bruno S. “Uma análise de materiais didáticos no contexto da história do Ensino de Química no Brasil”. *33ºEDEQ*. Acessado em 31 de outubro de 2019. <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/edeq/article/view/2808/2382>.
- Brady, James E.; e Humiston, Gerald E. *Química Geral*. Volume 1, 2ª edição. Tradução: Cristina Maria Pereira dos Santos e Roberto de Barros Faria. Salvador: Livros técnicos e científicos, s.d.
- _____. *Química Geral*. Volume 2, 2ª edição. Tradução: Cristina Maria Pereira dos Santos e Roberto de Barros Faria. Salvador: Livros técnicos e científicos, s.d.
- BRASIL, M.E.C. Base Nacional Comum Curricular. Educação é a Base. Acessado em 03 de julho de 2020. http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.
- BRASIL. Decreto nº 91.542, de 19 de agosto de 1985. Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências. Acessado em 03 de julho de 2020. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-91542-19-agosto-1985-441959-publicacaooriginal-1-pe.html>.
- BRASIL. Decreto–Lei nº 1.006, de 30 de dezembro de 1938. Estabelece as condições de produção, importação e utilização do livro didático. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, Seção 1, 05 jan. 1939, p.277. Acessado em

08 de abril de 2020. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1006-30-dezembro-1938-350741-publicacaooriginal-1-pe.html>.

BRASIL. Decreto–Lei nº 8.460 de 26 de dezembro de 1945. Consolida a legislação sobre as condições de produção, importação e utilização do livro didático. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, Seção 1, 28 dez. 1945, p.19208. Acessado em 08 de abril de 2020. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-8460-26-dezembro-1945-416379-publicacaooriginal-1-pe.html>.

BRASIL. Lei nº7.091, de 18 de abril de 1983. Altera a denominação da Fundação Nacional de Material Escolar, a que se refere a Lei nº 5.327, de 2 de outubro de 1967, amplia suas finalidades e dá outras providências. Acessado em 08 de abril de 2020. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-7091-18-abril-1983-356755-publicacaooriginal-1-pl.html>.

BRASIL. PNLD. Acessado em 08 de abril de 2020. <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>.

BRASIL. Resolução/CD/FNDE nº18, de 24 de abril de 2007. Acessado em 08 de abril de 2020. <https://www.fnde.gov.br/index.php/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/item/3139-resolucao-cd-fnde-n-18-de-24-de-abril-de-2007>.

BRASIL. Resolução/CD/FNDE nº38 de 15 de outubro de 2003. Prove as escolas do ensino médio das redes estadual, do Distrito Federal e municipal de livros didáticos de qualidade, para uso dos alunos, abrangendo os componentes curriculares de Português e Matemática por meio do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM. Acessado em 08 de abril de 2020. <https://www.fnde.gov.br/index.php/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/item/4256-resolucao-cd-fnde-n-38,-de-15-de-outubro-de-2003>.

BRASIL. Resolução/CD/FNDE nº51, de 16 de setembro de 2009. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro Didático para Educação de Jovens e Adultos. Acessado em 08 de abril de 2020. <https://www.fnde.gov.br/index.php/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/item/3360-resolucao-cd-fnde-n-51-16-de-setembro-de-2009>.

BRASIL. Resolução/CD/FNDE nº 40, de 26 de julho de 2011. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro Didático do Campo (PNLD Campo) para as escolas do campo. Acessado em 08 de abril de 2020. <https://www.fnde.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/legislacao/item/3463-resolucao-cd-fnde-n-40-de-26-de-julho-de-2011>.

Cachapuz, António; Praia, João; & Jorge, Manuela. “Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico”. *Ciência e Educação* v.10, nº3 (2004) 363-381. Acessado em 22 de abril de 2020. <https://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/05.pdf>.

Cachapuz; Gil-Perez; Pessoa de Carvalho; Praia; Vilches. Superação das visões deformadas da ciência e da tecnologia: Um requisito essencial para a renovação da educação científica In: *A Necessária renovação do ensino de Ciências*. (Org.)

- Cachapuz; Gil-Perez; Pessoa de Carvalho; Praia; Vilches. São Paulo: Cortez, 2005.
- Callegario, L. J.; Hygino, C. B.; Alves, V. L. O.; Luna, F. J.; e Linhares, M. P. “A História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão”. *Rev. Virtual de química* v.7, nº3 (maio de 2015) 977-991. Acessado em 23 de abril de 2020. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150053>.
- Campos, Carlos; Cachapuz, Antonio. “Imagens de Ciência em manuais de Química portugueses”. *Química Nova na Escola*, nº6 (novembro de 1997) 23-29.
- Canto, Eduardo Leite do; & Peruzzo, Francisco Miragaia. *Química na abordagem do cotidiano*. 4ª edição. São Paulo: Editora Moderna, 2006. (3vols).
- Cardoso, Maria Angélica. “História das disciplinas escolares e cultura escolar: apontamentos para uma prática pedagógica”. Dissertação de mestrado em Educação, na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2006.
- Castro, E. A. “El empleo de modelos en la enseñanza de la química”. *Enseñanza de las Ciencias* v. 10, nº1 (1992) 73-79. Acessado em 03 de maio de 2021. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/39890/93171>.
- Chamizo, José Antonio. “Los modelos de la Química”. *Naturaleza de la Ciencia o Quimotrivia Rejecta* v.17, nº4 (2006) 476-482. Acessado em 01 de julho de 2020. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.4.66030>.
- _____. “Teaching Modern Chemistry through ‘Recurrent Historical Teaching Models’”. *Science & Education* v.16, (2007) 197-216. Acessado em 03 de abril de 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-005-4784-4>.
- Chervel, André. “História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisa”. *Teoria e educação*, nº2 (1990) 177-229.
- Choppin, Alain. “História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte”. *Educação e pesquisa* v.30, nº3 (setembro-dezembro de 2004) 549-566.
- Ciscato, Carlos Alberto Mattoso; Pereira, Luis Fernando; Chemello, Emiliano; & Proti, Patricia Barrientos. *Química. Ciscato, Pereira, Chemello e Proti. Ensino médio*. 1ª edição. São Paulo: Editora Moderna, 2016. (3vols).
- Costa, Nelson Lage da; Piva, Tereza Cristina de Carvalho. “História da química no Brasil: as dificuldades para o ensino da química nas escolas superiores no século XIX”. *UFRJ*, s.d.
- Crecchi, Renata Mourão. “Imagens em livros didáticos de química do início do século XX: A CUBA PNEUMÁTICA”. Dissertação de mestrado em História da Ciência na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2009.
- Cruz, Clistina Paula Soares da Costa; & Alfaya, Rení Ventura da Silva. “Modelos moleculares: Construção e utilização no ensino de ligação covalente e estrutura molecular”. *Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE – Artigos* v.1, s.d. Acessado em 30 de junho de 2020. http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uel_qui_artigo_clistina_paula_soares_da_costa_cruz.pdf.

- Dominguini, Lucas; e Ortigaria, Vidalcir. “Análise de conteúdo como metodologia para seleção de livros didáticos de química”. *XV ENEQ*, (julho de 2010) 1-10.
- Dori, Y.J. & Barak, M. “Virtual and Physical Molecular Modeling: Fostering Model Perception and Spatial Understanding”. *Educational Technology & Society* v.4, n°1 (2001) 61-74.
- Driver, Rosalind; Asoko, Hilary; Leach, John; Mortimer, Eduardo; e Scott, Philip. “Constructing Scientific Knowledge in the Classroom”. *Educational Researcher* v.23, n°7 (outubro de 1994) 5-12.
- Engelmann, Gabriele Leske. “Percepção de cientistas e da história da ciência em livros didáticos de química”. Dissertação de mestrado em Educação na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2017.
- Feltre, Ricardo. *Química geral*. Volume 3, 6ª edição. São Paulo: Moderna, 2004. Acessado em 30 de janeiro de 2020.
- Fernandes, Maria Angélica Moreira; e Porto, Paulo Alves. “Investigando a presença da história da ciência em livros didáticos de química geral para o ensino superior”. *Química Nova* v.35, n°2 (2012): 420-429.
- Ferraz, D. F.; Terrazzan, E. A. “O uso espontâneo de analogias por professores de biologia: observações da prática pedagógica”. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências* vol.4, n°2 (2002) 1-15. Acessado em 01 de abril de 2020. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129517975003>.
- Ferreira, Poliana Flávia Maia; e Justi, Rosária da Silva. “Modelagem e o “Fazer Ciência”. *Química nova na escola*, n°28 (maio de 2008) 32-36.
- Ferreira, Saniel; Silva, Fernanda Dias da; e Sales, Leandro Leal de Moraes. “Análise dos livros didáticos de química do pnd 2015 sobre a teoria atômica”. *Revista de pesquisa interdisciplinar*, n°2 (setembro de 2017) 216-255.
- FGV CPDOC. “Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), 2009”. Acessado em 11 de novembro de 2019. <http://www.fgv.br/cpd/doc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/lei-de-diretrizes-e-bases-da-educacao-nacional-ldben>.
- Filgueiras, Juliana Miranda. “As políticas para o livro didático durante a ditadura militar: a COLTED e a FENAME”. *História da Educação* v.19, n°45 (2015) 85-102. Acessado em 08 de abril de 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-3459/44800>.
- Fonseca, Martha Reis da. *Química 1*. 1ª edição. São Paulo: Ática, 2013.
- _____. *Química 1*. 2ª edição. São Paulo: Ática, 2016.
- Fortuna, R. T.; Anjos, A. L. dos; e Rotta, J. C. G. “A abordagem dos conteúdos de química nos livros de ciências do Oitavo Ano do Ensino Fundamental”. *XVIII ENEQ*, (julho de 2016) 1-8.
- Fracalanza, Hilário. “O que sabemos sobre os livros didáticos para o ensino de ciências no Brasil”. Tese de Doutorado em Educação na Universidade Estadual de Campinas, 1992.
- Freire Jr., Olival; Pessoa Jr., Osvaldo; & Bromberg, Joan Lisa. *Teoria Quântica. Estudos históricos e implicações culturais*. Paraíba: Eduepb, 2011.

- Freitas, Tainá Freitas de.; e Costa, Gabriela Manzke. “Os livros didáticos no ensino de química: uma breve análise”. *EDEQ* 37, (novembro de 2017) 1-8.
- FUVEST. Fundação Universitária para o Vestibular, Acervo vestibular Fuvest. Acessado em 19 de maio de 2021. Acervo (fuvest.br)
- Gandolfi, Haira Emanuela; & Rossi, Adriana Vitorino. “Ensinar Química no estado de São Paulo antes e depois da LDB/96”. *XIV ENEQ*, (julho de 2008) 1-12.
- Gatti Jr., Décio. “Aspectos Teórico-metodológicos e da Historiografia Brasileira na Temática da História das Disciplinas Escolares (1990-2008)”. *Revista tempos e espaço em educação* v.4, (janeiro-junho de 2010) 9-30.
- Gibin, Gustavo Bizarria; & Ferreira, Luiz Henrique. “A formação inicial em Química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais”. *Química Nova* 33, n° 8 (janeiro de 2010): 1809-1814. Acessado em 23 de agosto de 2019. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000800033>.
- Giere, Ronald N. “How models are used to represent reality”. *Philosophy of Science*, n° 71 (2004) 742-752. Acessado em 01 de julho de 2020. <https://doi.org/10.1086/425063>.
- Gilbert, J. K. “Models and modelling: routes to more authentic science education”. *International Journal of science and mathematics education*, n°2 (2004) 115-130. Acessado em 02 de abril de 2020. <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3186-4>.
- Gillespie, R. J. “Electron densities and the VSEPR model of molecular geometry”. *Can. J. Chem.* V.70, (1992) 742-750. Acessado em 16 de julho de 2020. <https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/v92-099>.
- _____, “This week’s citation classic. Gillespie e Nyholm: Inorganic stereochemistry.” *Current Contents* v.19, (7 de maio de 1984) 1. Acessado em 16 de julho de 2020. https://pubs.rsc.org/en/journals/journal/qr?issueid=qr1957_11_4&type=archive&issnprint=0009-2681.
- _____; & Hargittai, István. *The VSEPR model of molecular geometry*. New York: Dover Publications, 2012. Acessado em 06 de janeiro de 2020. https://books.google.com.br/books?id=6rDDAgAAQBAJ&pg=PR9&lpg=PR9&dq=Molecular+Geometry,+Van+Nostrand+Reinhold,+London,+1972&source=bl&ots=-0QbQ9tnll&sig=ACfU3U1IPiUCJZc7iTnfK_pwBjuaUPzJSQ&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwjJsKSJIKnlAhXPE7kGHeVzCj0Q6AEwBnoECAgQAQ#v=onepage&q=Molecular%20Geometry%2C%20Van%20Nostrand%20Reinhold%2C%20London%2C%201972&f=false.
- _____; e Matta, Chérif F. “Teaching the VSEPR model and electron densities”. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe* v.2, n°2 (abril de 2001) 73-90. Acessado em 21 de julho de 2020. <http://dx.doi.org/10.1039/b1rp90010b>.
- Goodson, Ivor. “A História Social das Disciplinas Escolares” In: *A construção social do currículo*. Lisboa: Educa - Currículo, 1997. 17-26.
- _____, “Currículo, narrativa e o futuro social” Trad. Eurize Caldas Pessanha e Martha Banducci Rahe. *Revista Brasileira de educação* v.12, n°35 (maio-agosto de 2007) 241-252.

- _____. “Disciplinas Escolares: Padrões de estabilidade” In: *A construção social do currículo*. Lisboa: Educa - Currículo, 1997. 27-41.
- Hamburguer, Amélia Império; e Lima, Elvira CA. Souza. “O ato de ensinar ciências”. *Em aberto*, n°40 (outubro-dezembro de 1988) 13-16. Acessado em 23 de outubro de 2019. <https://doi.org/10.24109/2176-6673.emaberto.7i40.%25p>.
- Hargittait, I.; e Chamberland, B. “The VSEPR model of molecular geometry”. *Comps. & Maths. With Appls.* v.12B, n°3/4 (1986) 1021-1038. Acessado em 16 de julho de 2020. PII: 0898-1221(86)90438-4 (sciencedirectassets.com).
- Hoffmann, A. W. “On the combining powers of atoms”. In: Knight, D. M. *The Development of chemistry, 1789-1914: Selected essays*. Abingdon: Taylor & Francis. Acessado em 03 de janeiro de 2020. https://books.google.tt/books?id=F7XSYSB1-NYC&printsec=copyright&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false.
- Jaehn, Lisete; e Ferreira, Marcia Serra. “Perspectivas para uma história do currículo: as contribuições de Ivor Goodson e Thomas Popkewitz”. *Currículo sem fronteiras* v.12, n°3 (setembro-dezembro de 2012) 256-272.
- Justi, Rosária; Martins, M. R.; Santos, M. A. R.; Pimenta, L. S. “Elaboração de atividades de modelagem visando o desenvolvimento de habilidades argumentativas”. *Enseñanza de las Ciencias* v.35, (2017) 4281-4285.
- Kasseboehmer, Ana Claudia. “Introdução aos estudos de química”. *Licenciatura em ciências USP/Univesp*. Acessado em 07 de fevereiro de 2020. plc0013_top01.pdf (usp.br).
- Kato, Cláudia Mikie. “A utilização do livro didáticos em aulas de química”. Dissertação de mestrado em Educação para a ciência e a matemática, na Universidade Estadual de Maringá, 2014.
- Knauss, Paulo. “O desafio da ciência: modelos científicos no ensino de história”. *Cadernos Cedes* v.25, n°67 (setembro-dezembro de 2005) 279-295. Acessado em 03 de abril de 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-32622005000300002>.
- Kosminsky, Luis; e Giordan, Marcelo. “Visões de ciência e sobre cientista entre estudantes do ensino médio”. *Química nova na escola*, n°15 (maio de 2002) 11-18.
- Krasilchik, Myriam. “Ensino de ciências e a formação do cidadão”. *Em aberto*, n°40 (outubro-dezembro de 1988) 55-61. Acessado em 23 de outubro de 2019. <https://doi.org/10.24109/2176-6673.emaberto.7i40.1723>.
- _____. “Reformas e realidade o caso do ensino das ciências”. *São Paulo em Perspectiva* v.14, n°1 (2000) 85-93. Acessado em 29 de julho de 2020. <https://doi.org/10.1590/S0102-88392000000100010>.
- Labarca, Martín; Bejarano, Nelson; & Eichler, Marcelo Leandro. “Química e Filosofia: Rumo a uma frutífera colaboração”. *Química Nova* v.36, n°8 (2013) 1256-1266. Acessado em 13 de maio de 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422013000800027>.

- Lambach, Marcelo. “Ensino de Química e Contextualização: o uso das NTIC para a problematização dialógica”. *Secretaria de Estado da Educação do Paraná – SEED*, 1-25.
- Leite, Helena S. A.; e Porto, Paulo A. “Análise da abordagem histórica para a tabela periódica em livros de química geral para o ensino superior usados no Brasil no século XX”. *Química nova* v.38, n°4 (2015) 580-587. Acessado em 29 de julho de 2020. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150064>.
- Lemes, Anielli Fabiula Gavioli. “Aspectos filosóficos e educacionais da Química: investigando as concepções de doutorandos em Química”. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências, na Universidade de São Paulo, 2013.
- Lewis, G. N. “The Atom and the molecule”. *Journal of the American Chemical Society*, n°38 (1916) 762-785. Acessado em 19 de dezembro de 2019. <http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/bond/papers/corr216.3-lewispub-19160400-25.html>.
- Lima, M. B., & Lima-Neto, P. de. “Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de química.” *Química Nova* 22, n° 6 (1999): 903-906. Acessado em 10 de maio de 2019. [http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=2113&nomeArquivo=Vo122No6_903_v22_n6_20\(20\).pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=2113&nomeArquivo=Vo122No6_903_v22_n6_20(20).pdf).
- Lima, Marcio Matos; & Silva, José Luís de Paula Barros. “Orbital atômico: modos de conceituar e ensino”. *Scientia naturalis* v.1, n°3 (2019) 10-23. Acessado em 13 de maio de 2020. <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2541/1612>.
- _____, “Sobre a realidade dos orbitais atômicos”. *ENEQ XX*, (julho de 2020) 1-11.
- Linn, Marcia C.; Gerard, Libby; Matuk, Camillia; e Mcelhaney, Kevin W. “Science Education: From Separation to Integration”. *Review of Research in Education* v.40, (março de 2016) 529-587. Acessado em 31 de julho de 2020. <https://doi.org/10.3102/0091732X16680788>.
- Loguercio, Rochele de Quadros; Samsrla, Vander Edier Ebling; e Pino, José Claudio Del. “A dinâmica de analisar livros didáticos com professores de química”. *Química nova* v.24, n°4 (2001): 557-562.
- Lombardi, José Claudinei; Saviane, Dermeval; e Nascimento, Maria Isabel Moura. “Navegando pela História da Educação Brasileira, 2006”. Acessado em 11 de novembro de 2019. http://www.histedbr.fe.unicamp.br/navegando/fontes_escritas/6_Nacional_Desenvolvimento/ldb%20lei%20no%204.024,%20de%2020%20de%20dezembro%20de%201961.htm.
- Lopes, Alice Casimiro. “Discursos curriculares na disciplina escolar química”. *Ciência e educação* v.11, n°2 (2005) 263-278. Acessado em 31 de julho de 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132005000200009>.
- _____, “Conhecimento escolar em química - processo de mediação didática da ciência”. *Química nova* v.20, n°5 (janeiro de 1997) 563-568.

- _____. “Reações Químicas: fenômeno, transformação e representação”. *Conceitos científicos em destaque - Química nova na escola*, n°2 (novembro de 1995) 7-9. Acessado em 03 de abril de 2020. <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/conceito.pdf>.
- Lorenz, Karl M. “Os livros didáticos de ciências na escola secundária brasileira: 1900 a 1950”. *Educar em revista*, n°10 (1995) 71-79. Acessado em 18 de novembro de 2019. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.129>.
- _____.; & Barra, Vilma Marcassa. “Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil; período: 1950 a 1980”. *Ciência e Cultura* v.38, n°12 (dezembro de 1986) 1970-1983. Acessado em 23 de outubro de 2019. http://digitalcommons.sacredheart.edu/ced_fac?utm_source=digitalcommons.sacredheart.edu%2Fced_fac%2F46&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.
- Lutfi, M. “Produção Social de Livros Escolares de Química no Brasil, de 1810 a 1941”. *Revista virtual de química* v.4, n°6 (novembro-dezembro de 2012) 703-718. Acessado em 31 de outubro de 2019. http://rvq.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=471&nomeArquivo=v4n6a08.pdf.
- M.E.C. Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2000. Acessado em 25 de março de 2020. <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>.
- M.E.C. Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 2000. Acessado em 25 de março de 2020. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>.
- M.E.C.; Secretária da Educação Básica; e Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Química PNLD 2018 – Guia Nacional de Livros Didáticos Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2017. Acessado em 31 de março de 2020. <http://www.fnde.gov.br/pnld-2018/>.
- M.E.C.; Secretária da Educação Básica; e Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Química PNLD 2015 – Guia Nacional de Livros Didáticos Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2014. Acessado em 27 de maio de 2020. <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/5940-guia-pnld-2015>.
- M.E.C.; Secretária da Educação Básica; e Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Química PNLD 2008 – Guia Nacional de Livros Didáticos Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2007. Acessado em 28 de maio de 2020. <http://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/legislacao/item/4289-guia-pnlem-2009>.
- M.E.C.; Secretária da Educação Básica; e Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Química PNLD 2012 – Guia Nacional de Livros Didáticos Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2011. Acessado em 28 de maio de 2020. <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/2988-guia-pnld-2012-ensino-medio>.

- Macedo, E; e Lopes, A. C. “A estabilidade do currículo disciplinar: o caso das ciências”. In: Lopes, A. C. Macedo, E. (org.). *Disciplinas e integração curricular: história e políticas*. Rio de Janeiro: DP & A, 2002. Acessado em 30 de junho de 2020. <https://document.onl/documents/a-estabilidade-do-curriculo-disciplinar-o-caso-das-ciencias.html>.
- Maceno, Nicole Glock; e Guimarães, Orliney Maciel. “A Inovação na Área de Educação Química”. *Química nova* v.35, n°1 (fevereiro de 2013) 48-56. Acessado em 16 de agosto de 2019. http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_1/08-PE-91-11.pdf.
- Maia, J. de O.; Sá, L. P.; Massena, E. P.; e Wartha, E. J. “O Livro Didático de Química nas Concepções de Professores do Ensino Médio da Região Sul da Bahia”. *Química nova na escola* v.33, n°2 (maio de 2011) 115-124.
- Maia, P. F.; Justi, R. “A influência dos conhecimentos e crenças dos professores na elaboração de atividades e ensino baseadas em modelagem”. *Enseñanza de las Ciencias* v.35, (setembro de 2017) 2749-2753. Acessado em 19 de março de 2020. [160038327.pdf \(core.ac.uk\)](https://core.ac.uk/doi/pdf/10.1080/00140139.2017.1371111).
- Manzano, Máira Elias. “Vestibular Seriado: Estado da arte e a percepção docente sobre o tema”. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências, na Universidade de São Paulo, 2011.
- Marchelli, Paulo Sergio. “Da LDB 4.024/61 ao debate contemporâneo sobre as bases curriculares nacionais. *Revista e-curriculum* v.12, n°3 (outubro-dezembro de 2014) 1480-1511. Acessado em 11 de novembro de 2019. <https://www.redalyc.org/pdf/766/76632904004.pdf>.
- Martins, André F. P. “História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho...”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* v.24, n°1 (abril de 2007) 112-131. Acessado em 22 de abril de 2020. <https://doi.org/10.5007/%25x>.
- Martins, R.A. *Introdução: A História das Ciências e seus usos na Educação*. Em C.C. Silva (Org.) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- Matthews, Michael R. “História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação”. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* v.12, n°3 (dezembro de 1995) 164-214. Acessado em 22 de abril de 2020. <https://doi.org/10.5007/%25x>.
- Megid Neto, Jorge; Fracalanza, Hilário. “O livro didático de Ciências: Problemas e soluções”. *Ciência & Educação* v.9, n°2 (2003), 147-157. Acessado em 05 de agosto de 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132003000200001>.
- Meinel, Christoph. *Molecules and croquet balls*. In: *Models: The third dimension of science*. ed. by Soraya de Chadarevian e Nick Hopwood. Stanford: Stanford University Press, 2004, 242-275. Acessado em 09 de julho de 2020. https://epub.uni-regensburg.de/43300/1/Meinel_4.52_Molecules%26CroquetBalls%20%282004%29.pdf.
- Melo, Marlene Rios; & Lima-Neto, Edimilson Gomes de. “Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química”. *Química Nova na Escola* 35, n° 2 (maio 2013): 112-122.

- Meyer, E. V.; & McGowan, G. *A history of chemistry: from the earliest times to the present day*. New York: The Macmillan Company, 1906. Acessado em 06 de janeiro de 2020. <https://archive.org/details/historyofchemist003340mbp/page/n2>
- Milaré, Tathiane; e Filho, José de Pinho A. “Ciências no Nono Ano do Ensino Fundamental: Da Disciplinaridade à Alfabetização Científica e Tecnológica”. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* v.12, nº 2 (maio-agosto 2010) 101-120. Acessado em 13 de maio de 2020. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129515480007>.
- Moreira, Marco Antonio. “O professor pesquisador como instrumento de melhoria do ensino de ciências”. *Em aberto*, nº40 (outubro-dezembro de 1988) 43-54. Acessado em 23 de outubro de 2019. <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/210282/000014997.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Mori, Rafael Cava; Curvelo, Antonio Aprigio da Silva. “Os primeiros livros didáticos brasileiros para o ensino de Química: estado do conhecimento e proposta de descritores analíticos”. *X ENPEC*, (novembro de 2015) 1-8.
- _____., “Incertezas da Química no discurso do livro didático: análise da obra “Noções elementares de Química Orgânica” (1900), de Tibúrcio Valeriano Pecegueiro do Amaral”. *XVII ENEQ*, (agosto de 2014) 1-12.
- Mori, Rafael Cava. “O primeiro livro didático brasileiro de Química: o que registra a literatura?”. *XIV EVEQ*, (maio de 2016) 1-7.
- _____.; e Curvelo, Antonio Aprigio da Silva. “O que sabemos sobre os primeiros livros didáticos brasileiros para o ensino de química”. *Química Nova* v.37, nº5 (2014) 919-926. Acessado em 13 de novembro de 2019. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140148>.
- Mortimer, E. F. “A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário”. *Em aberto*, nº40 (outubro/dezembro de 1988) 25-41. Acessado em 11 de outubro de 2019. <https://doi.org/10.24109/2176-6673.emaberto.7i40.%25p>.
- _____., *Química 1. Ensino médio*. 2ª edição. São Paulo: Editora Scipione, 2013.
- _____.; & Machado, A. *Química. Ensino médio*. 3ª edição. São Paulo: Editora Scipione, 2016.
- Mota, G. C.; e Cleophas, M. das G. “História da Ciência: elaborando critérios para analisar a temática nos livros didáticos de química do ensino médio”. *História da ciência e ensino – construindo interfaces* v. 11, (2015) 33-55. Acessado em 14 de janeiro de 2020. <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/17476/16768>.
- Mozzer, N. B.; Justi, R. “Nem tudo que reluz é ouro: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências”. *Revistas Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* v.15, nº1 (2015) 123-147. Acessado em 19 de março de 2020. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4305/2870>.

- _____., “Modelagem analógica no ensino de ciências”. *Investigações em ensino de ciências* v.23, nº1 (abril de 2018) 155-182. Acessado em 19 de março de 2020. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/883/pdf>.
- Navarro, M.; Félix, M.; e Milaré, T. “A história da química em livros didáticos do ensino médios”. *Revista Ciência, Tecnologia e Ambiente* v.1, nº1 (2015) 55-61. Acessado em 11 de outubro de 2019. <https://www.revistacta.ufscar.br/index.php/revistacta/article/view/12/11>.
- Neves, Késia Caroline Ramires; & Braguini, Maysa Henrique. “A História da disciplina Química (escolar) no currículo brasileiro”. *Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia* v.7, nº2 (2018) 2-16.
- Niaz, Mansoor. “Do general chemistry textbooks facilitate conceptual understanding?”. *Química Nova* v.28, nº2 (2005) 335-336. Acessado em 01 de julho de 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422005000200027>.
- Novais, Vera Lúcia Duarte de; & Tissoni, Murilo. *Vivá. Química 1º ano*. 1ª edição. Curitiba: Editora Positivo, 2016.
- Oki, M. C. M., & Moradillo, E. F. “O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência”. *Ciência & Educação* 14, nº 1 (2008): 67-88. Acessado em 10 de maio de 2019. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132008000100005>.
- Oliveira, Lúcia Helena M. M.; e Gatti Jr., Décio. “História das instituições educativas: um novo olhar historiográfico”. *Cadernos de História de educação* v.1, nº1 (janeiro-dezembro de 2002) 73-76. Acessado em 29 de julho de 2020. <http://www.seer.ufu.br/index.php/che/article/view/310/302>.
- Pauling, L. “The nature of the chemical bond. Application of results obtained from the quantum mechanics and from a theory of paramagnetic susceptibility to the structure of molecules”. *Journals of the American Chemical Society* v.53, nº4 (1931) 1367-1400. Acessado em 12 de dezembro de 2019. <http://boscoh.com/pdf/pauling.pdf>
- _____., *The nature of the chemical bond and the structure of molecules and crystals: an introduction to modern structural chemistry*. 3ª ed. New York: Cornell University Press, 1960. Acessado em 13 de julho de 2020. https://books.google.com.br/books?id=L-1K9HmKmUUC&pg=PA5&hl=pt-BR&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false.
- Pereira, Cássia Ferreira Coutinho; Rocha, Alexandre Braga da; Tamiasso-Martinhon, Priscila; Rocha, Angela Sanches; e Sousa, Célia. “Contextualização Histórico-Filosófica de Orbitais Atômicos e Moleculares”. *História da ciência e Ensino* v.16, (2017) 18-35. Acessado em 18 de outubro de 2019. <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/33034/23996>.
- Pereira, Leticia S., & Silva, José Luís P. B. “Uma história do antiatomismo: Possibilidades para o ensino de química”. *Química nova na escola* 40, nº 1 (fevereiro de 2018): 19-24.
- Pérez, Daniel Gil; Montoro, Isabel Fernández; Alís, Jaime Carrascosa; Cachapuz; António; Praia, João. “Para uma imago não deformada do trabalho científico”.

- Ciência & Educação* v.7, n°2 (2001) 125-153. Acessado em 04 de agosto de 2020. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>.
- Pintanga, Ângelo Francklin; Santos, Heraldo Bispo dos; Guedes, Josevânia Teixeira; Ferreira, Wendel Menezes; & Santos, Lenalda Dias dos. “História da Ciência nos Livros Didáticos de Química: Eletroquímica como Objeto de Investigação”. *Química Nova na escola* v.36, n°1 (fevereiro de 2014) 11-17.
- Pires, Ronaldo Gonçalves; Amaral, Carmem Lúcia Costa; & Palanch, Wagner Barbosa de Lima. “História da ciência em livros didáticos de química: características das pesquisas sobre a temática”. *Revista Ciência & Ideias* v.10, n°3 (setembro-dezembro de 2019) 178-190. Acessado em 14 de maio de 2020. <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/1164/701>.
- Portal da Câmara dos Deputados. “Legislação Informatizada – Lei n°4.024, de 20 de dezembro de 1961, s.d.”. Acessado em 11 de novembro de 2019. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4024-20-dezembro-1961-353722-publicacaooriginal-1-pl.html>.
- Porto, Paulo Alves. “A química no vestibular Fuvest (1980-2018)”. *Estudos avançados* v.32, n°94 (2018) 247-267. Acessado em 07 de outubro de 2020. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0017>.
- Praia, João; Cachapuz, António; & Gil-Pérez, Daniel. “Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência”. *Ciência e Educação* v.8, n°1 (2002) 127-145. Acessado em 22 de abril de 2020. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000100010>.
- Pucholobek, Gislaine; Possebon, Roberta C. V.; e Farias, Alex Jr. “Modelagem no Ensino de Química e Perspectivas dentro do Estágio Supervisionado”. *XVIII ENEQ*, (julho de 2016) 1-8.
- Rabinovich, Daniel. “Book & media reviews: Chemical Bonding and Molecular Geometry: From Lewis to electron densities By Ronald J. Gillespie and Paul L. A. Popelier” *Review on Journal of Chemical Education* v.80, n°1 (janeiro de 2003) 31. Acessado em 24 de outubro de 2019. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed080p31>.
- Ribas, Haroldo Luis; & Aires, Joanez Aparecida. “História e Filosofia da Ciência no ensino de química: o que os alunos pensam sobre a colaboração entre os cientistas”. *XVI ENEQ e X EDUQUI*, (julho de 2012) 1-8.
- Ribeiro, Angela A.; & Greca, Ileana M. “Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada”. *Química nova* v.26, n°4 (2003) 542-549. Acessado em 03 de abril de 2020. http://quimicanova.s bq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=4640&nomeArquivo=Vo126No4_542_16.pdf.
- Rocha, Edimarcio Francisco da; e Mello, Irene Cristina de. “Do livro didático de química impresso ao digital: Breve apresentação histórica da inserção no ensino básico brasileiro”. *Latin american journal of science education*, (agosto-setembro de 2015) 1-15. Acessado em 17 de outubro de 2019. <http://www.lajse.org/>;

- Rocke, A. J. "Kekulé, Butlerov, and the Historiography of the Theory of Chemical Structure." *The British Journal for the History of Science* v.14, n°1 (1981): 27-57. Acessado em 08 de julho de 2020. www.jstor.org/stable/4026071.
- Rosa, Débora Lázara; Amaral, Alessandra Meireles do; e Mendes, Ana Néry Furlan. "História da química na educação básica: uma investigação nos livros didáticos". *Revista Conhecimento Online* v.1, (2016) 57-67. Acessado em 28 de janeiro de 2020. <https://doi.org/10.25112/rco.v1i0.350>.
- Rosa, Marcelo D'Aquino. "O programa nacional do livro didático (PNLD) e os livros didáticos de ciências". *Revista do Programa de Pós-Graduação em Ensino - Universidade Estadual do Norte do Paraná* v.1, n°2 (2017) 132-149. Acessado em 15 de janeiro de 2020. <http://seer.uenp.edu.br/index.php/reppe/article/view/1219/624>.
- Rosa, Maria Inês Petrucci; e Tosta, Andréa Helena. "O lugar da química na escola: movimentos constitutivos da disciplina no cotidiano escolar" *Ciência e educação* v.11, n°2 (2005) 253-252. Acessado em 26 de março de 2020. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000200008>.
- Rosa, Tiago Franceschini da.; e Lambach, Marcelo. "Os Livros Didáticos de Química e a Resistência às Mudanças no Estilo de Pensamento". *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia* v.11, n°1 (maio de 2018) 173-193. Acessado em 23 de janeiro de 2020. <http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2018v11n1p173>.
- Rosentalski, Evandro Fortes; e Porto, Paulo Alves. "Imagens de orbitais em livros didáticos de Química geral no século XX: Uma análise semiótica". *Investigações em ensino de ciências* v.20, n°1 (2015) 181-207. Acessado em 09 de abril de 2020. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v20n1p181>.
- Saito, F., Trindade, L. S. P., & Beltran, M.H.R. "História da Ciência e Ensino: ações e reflexões na construção de interfaces". XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ). Brasília, DF, Brasil, 2010.
- _____, "“Continuidade” e “descontinuidade”: o processo da construção do conhecimento científico na História da Ciência". *Revista da FAEBA – educação e contemporaneidade* v.22, n°39 (janeiro-junho de 2013) 183-194.
- _____, "História da Ciência e Ensino: em busca de diálogo entre historiadores e educadores". *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, n° 1 (2010) 1-6.
- Santos, Ana Flavia. "Lavoisier nos livros didáticos: uma análise à luz da história da ciência". Dissertação em História da Ciência na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2015.
- Santos, Beatriz Boclin Marques dos. "O currículo das escolas brasileiras na década de 1970: novas perspectivas historiográficas". *Ensaio: Avaliação política pública educação* v. 22, n°82 (janeiro-março de 2014) 149-170. Acessado em 18 de outubro de 2019. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362014000100008>.
- Santos, Hélio F. dos. "O conceito da modelagem molecular". *Cadernos temáticos de Química Nova na Escola*, n° 4 (maio de 2001): 1-2.

- Santos, J. S.; e Paula, F. S. de. “A evolução do livro didático: estrutura atômica e modelos atômicos”. *II CONEDU*. (s.d.).
- Santos, Lucíola L. de C. P. “História das disciplinas escolares: outras perspectivas de análise”. *Educação e realidade* v.20, n°2 (julho-dezembro de 1995) 60-68. Acessado em 17 de outubro de 2019. <https://seer.ufrgs.br/educacaoerealidade/article/view/71716/40666>.
- Santos, M. S.; Moradillo, E. F.; e Pinheiro, B. C. S. “Análise histórico-crítica de livros didáticos de química aprovados no PNLD 2015”. *XVIII ENEQ*, (julho de 2016) 1-12.
- Santos, Nadja Paraense dos; e Filgueira, Carlos Alberto Lombardi. “O primeiro curso de química regular no Brasil”. *Química Nova* v.34, n°2 (2011) 361-366.
- _____., “Daniel Gardner, autor do primeiro livro de química brasileiro, um desconhecido”. *SBQ 32ª reunião anual*.
- Santos, Wildson Pereira dos; & Mól, Gerson de Souza. *Química Cidadã*. 2ª edição. São Paulo: Editora AJS, 2013.
- Scheffer, Elisabeth Weinhardt O. “Química: Ciência e disciplina curricular, uma abordagem histórica”. Dissertação de mestrado em educação, na Universidade Federal do Paraná, 1997.
- Schnetzler, Roseli Pacheco. “Concepções e Alertas sobre Formação Continuada”. *Química nova na escola - Seção Espaço Aberto*, n° 16 (novembro de 2002) 15-20.
- _____., “O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino de Química de 1875 a 1978”. Dissertação de mestrado em Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1980.
- _____., “Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de química de 1875 a 1978”. *Revista Química Nova* v.4, n°1 (janeiro de 1981) 6-15. Acessado em 31 de outubro de 2019. [http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=3443&nomeArquivo=Vol4No1_6_v04_n1_\(4\).pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/audiencia_pdf.asp?aid2=3443&nomeArquivo=Vol4No1_6_v04_n1_(4).pdf).
- Sebata, Claudio Ernesto. “Aprendendo a imaginar moléculas: uma proposta de ensino de geometria molecular”. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências na Universidade de Brasília, 2006.
- Secretaria da Educação. Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias/Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Luis Carlos de Menezes. – 1. ed. atual. – São Paulo: SE, 2011. 152 p. Acessado em 2 de novembro de 2019. <https://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf>.
- Secretaria da Educação. Currículo do Estado de São Paulo: Linguagens, códigos e suas tecnologias/Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Alice Vieira - 2ª edição. atual. São Paulo: SE, 2011, 260 p. Acessado em 23 de junho de 2020. <https://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/237.pdf>.

- Secretaria de estado da educação do Paraná. Diretrizes curriculares da educação básica – Química. 2008. Acessado em 30 de junho de 2020. http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_quim.pdf.
- Senado Federal, Secretaria especial de editoração e publicações, e subsecretaria de edições técnicas. Lei de diretrizes e bases da educação nacional nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Acessado em 30 de junho de 2020. <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>.
- Setti, Grazielle de Oliveira; Gibin, Gustavo Bizarria; & Ferreira, Luiz Henrique. “Ensino de geometria molecular por meio do uso de modelo físico construído com materiais recicláveis e de baixo custo”. *Experiência em ensino de Ciências* v.14, nº2 (abril de 2019) 542-557.
- Shriver, Duward; Weller, Mark; Overton, Tina; Rourke, Jonathan; e Armstrong, Fraser. *Inorganic Chemistry*. 6ª edição. Nova Iorque: W. H. Freeman and Company, 2014, 2010, 2006, 1999.
- Sicca, Natalina Aparecida Laguna. “O lugar da História da Ciência nas políticas curriculares brasileiras para o ensino de Química”. *História da Ciência e ensino* v.12 (especial), (2015) 1-14. Acessado em 07 de agosto de 2020. <https://www.facebook.com/sharer/sharer.php?u=https://silo.tips/download/o-lugar-da-historia-da-ciencia-nas-politicas-curriculares-brasileiras-para-o-ens>.
- Sidgwick, N. V.; & Powell, H. M. “Stereochemical types and valency groups”. *Proceedings of the Royal Institution* v.176, nº965 (1940) 153-180. Acessado em 11 de dezembro de 2019. <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspa.1940.0084>.
- Silva, Ana Paula Medeiros. “Geometria molecular: elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática envolvendo o lúdico”. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências da Natureza na Universidade Federal Fluminense, 2016.
- Silva, Cristiane Martins da; Justi, Rosária. “Planejamento e condução de discussões sobre a natureza da ciência ocorridas em uma situação de ensino fundamentada em modelagem conduzida por uma professora em formação”. *Revista Ensaio: Pesquisa em educação em ciências* v.21, (2019) 1-21. Acessado em 18 de março de 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172019210124>.
- Silva, Cristiane Martins da; Santos, Cláudio Gouvêa dos; & Mendonça, Paula Cristina Cardoso. “Análise da História da Ciência em livros didáticos de Química aprovados no PNLD 2012”. *IX ENPEC*, (novembro de 2013) 1-8.
- Silva, K. S. da; Fonseca, L. S. da; & Freitas, J. D. de. “Uma breve História da Geometria Molecular sob a perspectiva didático-epistemológica de Guy Bousseau”. *Acta Scientiae* 20, nº 4 (julho de 2018): 626-647. Acessado em 20 de maio de 2019.
- Silva, N. O.; Xavier, M. J. de M.S.; e Souza, G. A. P. “História da Química uma Proposta de Ensino nos Livros Didáticos”. *Scientia Naturalis* v.1, nº1 (2019) 163-170. Acessado em 03 de agosto de 2020. <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2382/1409>.
- Silva, Ronaldo Soares da; e Silva, Suely Alves da; “Os modelos atômicos analisados no livro didático: utilizando a abstração na perspectiva piagetiana como possibilidade no ensino de química”. *V CONEDU*. (s.d.) 1-11.

- Solbes, J.; e Traver, M. “La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la de física y química”. *Enseñanza de las Ciencias* v.14, n°1 (1996) 103-112. Acessado em 25 de março de 2020. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21438/93400>.
- Souza Junior, M.; & Galvão, A. M. de O. “História das disciplinas escolares e história da educação: algumas reflexões” *Educação e Pesquisa* v. 31, n° 3 (setembro-dezembro de 2005) 391-408. Acessado em 30 de junho de 2020. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000300005>.
- Souza, Gahelyka Aghta Pantano; Martins, Adriel Castro; & Melo, Núbia Maria de Castro Oliveira. “História da química e história em quadrinhos: possível abordagem de ensino nos livros didáticos”. *Scientia naturalis* v.1, n°1 (2019) 147-154. Acessado em 13 de maio de 2020. <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2380/1407>.
- Souza, V. C. A.; Justi, R. “Diálogos possíveis entre o ensino fundamentado em modelagem e a História da Ciência”. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* v.11, n°2 (2012) 385-405.
- Suart Jr., J. B.; Stanzani, E, de L.; e Zuliani, S. R. Q. A. “História da Química e livro didático: análise da produção de textos introdutórios por licenciandos”. *XVIII ENEQ*, (julho de 2016) 1-12.
- Sutton, M. *A forgotten triumph. Chemistry World*. Acessado em 06 de janeiro de 2020. Recuperado de <https://www.chemistryworld.com/feature/a-forgotten-triumph/3004463.article>.
- Theodoro, Monica Elizabeth Craveiro; Kasseboehmer, Ana Claudia; e Ferreira, Luiz Henrique. “Análise do tratamento de conceitos químicos em coleções das séries iniciais”. *Revista eletrônica de educação* v.8, n°2 (2014) 388-405. Acessado em 28 de janeiro de 2020. <http://dx.doi.org/10.14244/19827199791>.
- Thiele, R. B.; Treagust, D. F. “An interpretative examination of high school chemistry teachers’ analogical explanations”. *Journal of Research in Science Teaching* vol.31, n°3 (1994) 227-242. Acessado em 01 de abril de 2020. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1002/tea.3660310304>.
- Tito e Canto. *Química na abordagem do cotidiano*. Volume único, 2ª edição. São Paulo, Moderna, 2002.
- Toma, Henrique A. “Ligação Química: Abordagem clássica ou quântica?”. *Conceitos científicos em destaque - Química nova na escola*, n°6 (novembro de 1997) 8-12.
- Tonobohn, Elisabete. “O ensino de ciências e a escola nova: Análise de interfaces entre História da ciência e ensino”. Dissertação de mestrado em História da Ciência na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2010.
- Treichel, Paul M. “Reviews: The VSEPR Model of Molecular Geometry: Ronald J. Gillespie and Istvan Hargittai”. *Journal of Chemical Education* v. 70, n°8 (agosto de 1993) 223-224. Acessado em 16 de julho de 2020. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed070pA223.2>
- _____, “The VSEPR model of molecular geometry from Gillespie, Ronald J.; and Hargittai, Istvai.”. *Reviews on Journal of chemical education* v.70, n°8 (agosto de

1993) 223-224. Acessado em 24 de outubro de 2019. <https://doi.org/10.1021/ed070pA223.2>.

- Trindade, Ana Paula Pires. “Análise de artigos na interface entre história da química e ensino (1994-2014): alguns aspectos historiográficos”. Dissertação de mestrado em História da Ciência na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2015.
- Uhmman, R. I. M.; Vorpapel, F. S.; e Gunzel, R. E. “Livros Didáticos de Química em foco na Educação Ambiental e Alimentar” *Revista eletrônica do Mestrado em educação ambiental* v.35, n°1 (janeiro-abril de 2018) 242-259. Acessado em 15 de janeiro de 2020. <http://orcid.org/0000-0003-3820-1003>.
- Vidal, P. H. O. “A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007”. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2009.
- _____.; e Porto, P. A. “A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007”. *Ciencia e Educação* v.18, n°2 (2012) 291-308. Acessado em 11 de outubro de 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132012000200004>.
- Weler, A. L.; Picinato, J. C. A. de S.; Eskelsen, R. A.; Luebke, S. C.; Baron, S. F. F.; e Silva, A. C. A. da. “A abordagem histórica no ensino de química: Uma análise de livros didáticos”. *37º EDEQ*, (novembro de 2017) 1-6.
- Zambon, Luciana Bagolin; Terrazan, Eduardo Adolfo. “Políticas de material didático no Brasil: organização dos processos de escolha de livros didáticos em escolas públicas de educação básica”. *Revista Brasileira de estudos pedagógicos* v.94, n°237 (maio-agosto de 2013) 585-602. Acessado em 26 de março de 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S2176-66812013000200012>.
- Zuo, J. M.; Kim, M.; O’Keeffe, M. & Spence, J. C. H. “Direct observation of d-orbital holes and Cu-Cu bonding in Cu₂O”. *Nature* v. 401, n°6748 (1999) 49-52. Acessado em 13 de maio de 2020. <https://doi.org/10.1038/43403>.