

A CONSTRUÇÃO DO ENSINO DA GEOMETRIA MOLECULAR: UM PANORAMA HISTÓRICO-EDUCACIONAL DA QUÍMICA NO BRASIL

*THE CONSTRUCTION OF MOLECULAR GEOMETRY TEACHING:
EDUCATIONAL PANORAMA OF CHEMISTRY IN BRAZIL*

John Wesley Grando 

Universidade Federal do Paraná, UFPR
Curitiba, PR, Brasil
wesleygrando@gmail.com

Marco Aurélio Kalinke 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR
Curitiba, PR, Brasil
kalinke@utfpr.edu.br

Maria das Graças Cleophas 

Universidade Federal da Integração Latino-Americana, UNILA
Foz do Iguaçu, PR, Brasil
maria.porto@unila.edu.br

Resumo. O contexto histórico no ensino pode entender-se como fundamental para a compreensão do processo de evolução da ciência e da educação, para sua contextualização. O objetivo deste trabalho consistiu em efetuar um levantamento acerca dos momentos históricos do ensino e pesquisa na temática Geometria Molecular, além de vinculá-los às aspirações brasileiras relativas à compreensão da educação em Química. Para investigar os elos entre o estudo e o ensino do tema, decidiu-se pesquisar dois grandes ramos: 1) os aspectos históricos da disciplina de Química no Brasil; 2) o estudo e ensino da Geometria Molecular. Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico, que consistiu em pesquisar e selecionar materiais escritos sobre o tema em questão. As discussões permearam aspectos que vão desde a inserção tardia da disciplina de Química no contexto brasileiro até a importância de interligar os conceitos de Geometria Molecular.

Palavras chave: história; química; geometria molecular; modelos.

Abstract. The historical context of teaching can be understood as fundamental for comprehending the process of the evolution of science and education and for its contextualization. The objective of this work is to explore the historical moments of teaching and research in Molecular Geometry, in addition to linking them to the Brazilian aspirations applied to education in chemistry. To research the links between the study and the teaching of the topic, two major branches were selected: 1) historical aspects of the discipline of Chemistry in Brazil; 2) the study and teaching of Molecular Geometry. A bibliographic research was conducted, selecting and using written materials on the topic in question. The discussions allow us to understand aspects ranging from the late insertion of the discipline of Chemistry in the Brazilian context to the importance of linking the concepts of Molecular Geometry.

Keywords: history; chemistry; molecular geometry; models.

INTRODUÇÃO

A busca por novas metodologias de ensino de ciências naturais está sendo estimulada dia após dia, visto que alguns dos seus conceitos são bastante abstratos e de difícil compreensão conceitual, requerendo que o estudante, ao entrar em contato com determinados objetos de estudo, necessite imaginar (abstrair) informações que auxiliem no entendimento (imaginar um átomo, uma ligação química ou a disposição de uma molécula, por exemplo). Isso pode ser muitas vezes associado às dificuldades de aprendizagem da Química nos diferentes níveis de ensino.

Para transpor algumas barreiras educacionais quanto à teoria associada à Geometria Molecular (geralmente, um conteúdo relativamente abstrato e de complicada visualização), conforme pode se observar no decorrer deste trabalho, vem-se recorrendo ao uso de novas tecnologias e métodos de ensino que englobem o tema apresentado, tais como os indicados nas pesquisas de Moura (2010), Farias et al. (2015), Silva et al. (2017) e demais estudos que dialogam com este assunto.

O uso das Tecnologias Digitais (TD) para o ensino tem se mostrado cada vez mais assertivo e promissor para sanar dificuldades de aprendizagem relacionadas a diversos temas da Química. Desse modo, com o uso das TD, conforme Moura (2010), a visualização de conceitos que outrora podiam apenas ser imaginados (de maneira demasiadamente abstrata) permite que os alunos possam ter maior engajamento com as atividades propostas, bem como novas compreensões sobre os conteúdos relacionados ao tema em questão.

Porém, tão importante quanto a pesquisa e a inserção do uso destas novas tecnologias aliadas as práticas pedagógicas, deve ser considerado o estudo histórico do ensino e de suas metodologias utilizadas ao longo do desenvolvimento da educação Química no Brasil. Assim, este artigo tem como objetivo efetuar um levantamento acerca dos momentos históricos do ensino e pesquisa na temática Geometria Molecular, além

de vinculá-los às aspirações brasileiras relativas a compreensão da educação em Química, pretendendo estabelecer a relação entre metodologias ultrapassadas e a defasagem no ensino de Química, além de aproximar o leitor das metodologias utilizadas em muitos períodos antigos da educação brasileira, bem como revelar algumas dificuldades, obstáculos e, até mesmo, paradigmas que o ensino de Química incorpora atualmente.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa utilizada neste trabalho é de abordagem qualitativa. Essa abordagem, de acordo com Severino (2017, p. 68) “[...] faz referência mais a seus fundamentos epistemológicos do que propriamente a especificidades metodológicas”, ou seja, busca compreender e constituir a evolução de determinado conhecimento sem desconsiderar a presença e importância do humano no processo.

Para isso, utilizamos a metodologia da análise histórica¹ para construir uma revisão bibliográfica com base em livros, artigos e teses, a fim de contextualizar os diferentes momentos do ensino da disciplina de Química, e de um dos seus subtemas, ou seja, o ensino de Geometria Molecular e tecnologias utilizadas visando a promoção de aprendizagens. Assim, usou-se a análise histórica com o cunho reflexivo, a fim de explorar e explicar aspectos mais gerais da educação em Química e seus paradigmas históricos, bem como a evolução dos conceitos inerentes à fonte de estudos do trabalho e sua ligação com as tecnologias.

Para o andamento da presente pesquisa adotou-se uma metodologia semelhante à trabalhos encontrados na literatura, tais como o Lima (2013) e Rosa e Tosta (2005) que se debruçaram sobre o estudo do histórico da disciplina de Química no ensino brasileiro, bem como na pesquisa de Silva et al. (2018) que esteve focada em analisar, por meio da construção histórica sobre os meios empregados para ensinar Química, os possíveis obstáculos envolvidos nos processos de aprendizagem que se sucederam ao longo das gerações de estudantes no Brasil em relação a esta ciência.

Para uma melhor sistematização, este trabalho foi escrito considerando dois grandes ramos de pesquisa, o primeiro relacionado aos aspectos históricos da disciplina de Química no Brasil e o segundo ao estudo e ensino da Geometria Molecular. Ainda, para esmiuçar tais ramos, dividiu-se o trabalho em quatro principais momentos (passos), que estão descritos abaixo.

- **1º Momento** – foi realizado um levantamento sobre o histórico do ensino de Química no Brasil, desde os seus primeiros passos até sua caracterização pelos Parâmetros Curriculares Nacionais;
- **2º Momento** – ainda utilizando a perspectiva histórica no contexto de escrita deste trabalho, julgou-se necessário tecer um tópico abordando como foi constituído o estudo da Geometria Molecular ao longo do processo científico no Brasil, isto é, como foi abordada a evolução desse conceito na história da Química brasileira;
- **3º Momento** – De acordo com as perspectivas do estudo da Geometria Molecular, levantamos aspectos sobre como foram construídos historicamente os métodos e ferramentas usados para instrução da Química, focando-se no subtema de interesse deste artigo (Geometria Molecular);
- **4º Momento** – a fim de discutir e compreender como se dá a relação entre o estudo teórico na academia e o ensino prático na sala de aula, o último momento retratou a integração entre essas searas, utilizando como escopo o tema da Geometria Molecular.

A DISCIPLINA DE QUÍMICA NO BRASIL E SUAS IMPLICAÇÕES

A disciplina de Química, conforme observado nos variados documentos norteadores e responsáveis pela organização escolar brasileira, a citar, como exemplo, os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio, ou PCNEM (BRASIL, 1999), as orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002) e as próprias Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica

¹ Metodologia baseada num conjunto de orientações que visam identificar, em documentos e referências bibliográficas ao longo da história, quais os obstáculos apresentados no ensino de um determinado conceito, fundamentados pelo trabalho de Gaston Bachelard, Guy Brosseau e Saddo Almouloud – consultar o trabalho de Silva et al. (2018) para uma explanação mais detalhada do assunto.

(BRASIL, 2013), é obrigatória e prevista por lei durante o curso da Educação Básica no Ensino Fundamental II (anos finais) e no Ensino Médio.

Porém, cabe mencionar que, de acordo com Chassot (1996) o início do ensino de Química no país foi tardio e difícil. De acordo com Filgueiras (1990) e Giles (2003), apesar de o primeiro sistema escolar, ainda que bastante rudimentar, ter sido implantado com o advento dos jesuítas a partir do ano 1549, durante a colonização do país, não se contava com estratégias, métodos e ferramentas de ensino definidas, ou seja, havia pouquíssimas instituições de ensino e as ciências humanas tinham papel de maior relevância face às ciências naturais.

Carneiro (2006) salienta que somente com a reforma pombalina, promovida pelo regente de Portugal Marquês de Pombal, em 1771, prenunciou-se o ensino de ciências experimentais no Brasil. Pombal ordenou a expulsão dos jesuítas do território brasileiro, estabelecendo novos rumos para a educação da colônia.

Assim, houve uma diferença de mais de duzentos anos até que se pudesse trabalhar os aspectos mais científicos do ensino, incluindo, nesse caso, o 'protodesenvolvimento'² das instituições de ensino brasileiras para esse fim, visto o caráter muito mais humanístico da sociedade da época, que estava voltada para os cursos de direito e filosofia.

Apesar de necessitar de mão de obra para a manutenção de atividades que requeriam especialistas na colônia, não houve movimentação por parte de Portugal para fomentar a pesquisa e formação de cursos, e tampouco a construção da disciplina de Química no Brasil, pois até o final do século XVIII esses profissionais eram formados e trazidos de Portugal. Contudo, no início do século XIX a França invadiu Portugal, devido ao rápido e avassalador avanço das tropas de Napoleão Bonaparte por toda a Europa, forçando o rei português D. João VI a trocar a sede do governo de Portugal para o Brasil, num movimento de fuga (CHASSOT, 1996).

Então, com a vinda da família real para o país, diversas escolas e colégios foram criados para a instrução da elite presente no Brasil. Começando, conforme afirmam Rosa e Tosta (2005), com a criação de colégios, como, por exemplo, o Colégio Médico-Cirúrgico da Bahia, em Salvador, no ano de 1808. E tal tendência de criação dos colégios de medicina se estendeu por toda a colônia brasileira, dando o pontapé inicial que marca aos estudos mais específicos nas áreas de ciências no Brasil (ROSA; TOSTA, 2005).

A presença do império português gerou uma série de benefícios para a colônia do Brasil. Um desses benefícios, por exemplo, foi a abertura dos portos para as nações amigas. De acordo com Motoyama (2000), a criação da cadeira de Química nos cursos de engenharia da Academia Real Militar, considerada a precursora da atual Academia Militar das Agulhas Negras, no Rio de Janeiro, também pode ser citada como um exemplo da presença da corte no Brasil. Ainda conforme o autor, a presença direta de cadeiras de Química fomentou a formação de profissionais e instigou muitas pessoas a continuarem com pesquisas nessa área. Esta característica pode ser percebida ao se observarem publicações de livros impressos de Química que foram utilizados para lecionar a disciplina nas novas academias.

Uma das pessoas interessadas, e talvez a mais crucial para a existência do ensino de Química no Brasil, foi o imperador D. Pedro II. Descendente direto da família real portuguesa, o então segundo imperador do Brasil Independente era aficionado pelas ciências (FILGUEIRAS, 1988). Durante seu governo regencial, entre os anos de 1831 e 1889 (ano da Proclamação da República), houve um grande incremento no ensino de ciências biológicas e da terra, principalmente nas áreas de Química e Biologia, devido ao fato de que D. Pedro II era um entusiasta das ciências naturais. De acordo com Filgueiras (1988), há relatos que afirmam que, em muitas oportunidades, ele estava presente nas aulas e encontros para discussões científicas em torno da Química, tendo mantido, em sua residência, um laboratório para o estudo de documentos e experiências oriundos da expansão científica da Europa.

De maneira fantasiosa, pode-se dizer que essa aspiração científica parecia estar atrelada à figura de Dom Pedro II desde sua infância, pois, conforme afirmam Rosa e Tosta (2005), em 1837, ano em que o imperador completou 12 anos, houve a criação do Colégio Dom Pedro II. E a fundação desse colégio culminou nos primórdios da educação científica, em cujo bojo a Química estava inserida, no ensino secundário do Brasil. De acordo com os autores, o colégio foi criado com o intuito de padronizar o sistema de educação por meio da criação de modelos de ensino que pudessem ser adotados por outras instituições educacionais, o que ocasionou a necessidade da criação de disciplinas científicas para serem inseridas no currículo básico, a fim de atender as demandas requeridas por este nível educacional.

² Palavra utilizada com o sentido de algo que está prestes a se desenvolver, em desenvolvimento primordial (proto + desenvolvimento).

Cabe destacar que o próprio imperador abriu possibilidade para a introdução de novas tecnologias na indústria química do país, estimulando, desse modo, uma melhora do setor no tocante a obtenção de mão de obra e, também, na abordagem dessa disciplina nas escolas espalhadas pelo Império (FILGUEIRAS, 1988).

Lopes (1998) enfatiza, ainda, que na época terminal do Império o ensino das ciências naturais era muito desprestigiado, pois era muitas vezes associado a massa braçal do país, sendo pouquíssimo atrativo para estudiosos e professores, o que engessou as suas metodologias de ensino e as restringiu, praticamente, a memorização e descrição rasa de fenômenos de utilidade prática, sem que houvesse contextualização com a vida do estudante.

Chassot (1996) evidencia o início da requisição da disciplina de Química para o ingresso nas escolas de ensino superior no Brasil apenas a partir do ano de 1887, ou seja, quase cem anos após o início do estudo desta ciência, o que pode representar uma das possíveis causas da deficiência no ensino de Química atualmente.

Após o final do Império, em 1889, demoraram-se ainda praticamente trinta anos até a criação de institutos, nos quais, pela primeira vez, a Química foi ofertada como curso superior de ensino. Assim, em 1918, o Instituto de Química do Rio de Janeiro concomitantemente com a Escola Politécnica de São Paulo e outras poucas instituições pelo Brasil, foram responsáveis pelo pioneirismo no desenvolvimento da implantação deste curso (SILVA et al., 2006).

A partir da Reforma Educacional Francisco Campos, em 1931, de acordo com Macedo e Lopes (2002), a disciplina de Química começou a ser ministrada de maneira obrigatória para as turmas do ensino secundário (atual Ensino Médio). Ainda segundo os autores, conforme as diretrizes da época, ela tinha o intuito simplista de auxiliar o aluno a entender sobre conhecimentos específicos, ou seja, de certa forma, objetivava despertar o interesse pela ciência numa possível tentativa de tornar suas relações com o cotidiano mais explícita e natural.

Porém, parafraseando Scheffer (1997), esse viés contextualista, no qual havia o relacionamento entre o científico e o cotidiano, foi se desgastando conforme a educação e a própria sociedade iam se modificando. Um fato culminante na mudança de pensamento sobre o ensino de Química pode estar atrelado ao advento da educação tecnicista, proposta pelas reformas educacionais do governo militar.

As mudanças propostas pela Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1971 impregnaram um caráter à educação tendenciosamente técnico, em detrimento de uma educação científica. Isso pode constituir uma das causas atuais do déficit no ensino de Química e seus paradigmas, provocado por um compêndio de metodologias que priorizava o aspecto repetitivo e não o compreensivo da disciplina. Contudo, com a redemocratização do país e a aprovação da nova LDB, em 1996, o ensino de Química passou a ser objetivado como não exclusivamente técnico ou mnemônico, mas, sobretudo, com o foco em abranger diversas metodologias (BRASIL, 1999).

As perspectivas de usos de novos meios para o ensino podem ser encontradas nos Parâmetros Curriculares Nacionais + (BRASIL, 2002), que instigam a utilização de multimeios para o aprendizado das disciplinas curriculares. Lima (2013) nos traz o perfil de uma construção histórica sobre os aspectos da educação em Química no Brasil, demonstrando ser de fundamental importância a compreensão desses trâmites históricos para, em parte, desmistificar alguns dos percalços apresentados hoje em dia, que acompanham o processo de ensino e aprendizagem dessa disciplina.

Atualmente, porém, as dificuldades da educação estão constantemente sob revisão. Nesse viés revisionista, a cada dia que passa, mais se percebe o potencial de estimular o uso de novas metodologias e modelos de ensino que possam abarcar as especificidades de que a Química necessita, a fim de perpassar as barreiras abstratas e imaginárias do seu ensino e do próprio estudo (LIMA, 2012).

RELAÇÕES HISTÓRICAS NO ESTUDO DA GEOMETRIA MOLECULAR

O entendimento das transformações da matéria sempre foi objeto crucial de estudo da Química. Ela, por sua vez, consiste em uma palavra que tem como significado etimológico “ciência que estuda a constituição e as propriedades dos materiais e as leis que regem suas combinações e transformações” (QUÍMICA, 2019, s.p [online]). É possível, também, remeter-se aos tempos da Alquimia, nos quais, historicamente, diversos alquimistas buscavam explicar, ainda que de maneira mística e pouco científica, devido a ausência de métodos, o comportamento da matéria.

Conforme Shriver e Atkins (2006), o entendimento sobre a conformação das moléculas no espaço, também conhecido como estudo da Geometria Molecular, é fundamental para o reconhecimento de

características particulares das diversas propriedades únicas de cada composto, uma vez que muitas das propriedades de uma substância são determinadas por sua geometria.

Atualmente, a Geometria Molecular está incorporada ao conceito que tenta explicar o formato espacial das moléculas quando representada em uma ligação intramolecular, considerando o arranjo espacial dos átomos e dos pares isolados de elétrons (SHRIVER; ATKINS, 2006). A Figura 1 apresenta alguns exemplos de modelos atuais de Geometrias Moleculares.

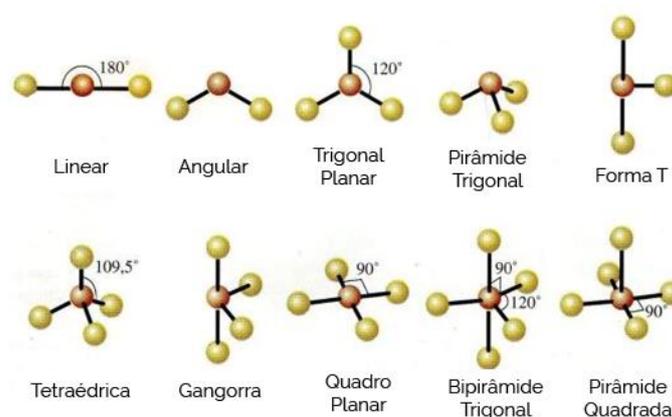


Figura 1. Exemplos de Geometrias Moleculares (modelo atual).

Fonte: A Graça da Química (2017).

Porém, nem sempre a visualização de estruturas moleculares esteve clara como as representadas na Figura 1. Historicamente, conforme houve a evolução da Química, conjuntamente houve a evolução dos seus conceitos e, por consequência, reformulações de suas formas de ensino. Logo, a Química passou a ser ciência, de acordo com Silva et al. (2016), após o advento do caráter cético-científico do estudo da disciplina promovido por Antoine Lavoisier e Robert Boyle. Com efeito, a tentativa de compreensão do princípio que constitui as coisas materiais deixou de ser atribuída a entidades místicas e passou a ser observada e analisada com maior zelo, pautada em tratados elementares.

Brown (1959), ao fazer uma análise acerca dos pontos principais sobre o desenvolvimento dos modelos mais antigos da Geometria Molecular, elencou alguns pontos históricos-chave, como:

- O desenvolvimento da teoria atômica de Dalton, por volta do ano de 1808, precursora do entendimento de que o átomo seria uma pequena esfera maciça e indivisível, e de que a formação dos compostos seria uma combinação entre essas esferas. O autor cita que, com o advento dessa ‘nova’ teoria, impulsionou-se a pesquisa sobre os fenômenos submicroscópicos da Química, o que auxiliou o desenvolvimento e amadurecimento do estudo da Geometria Molecular;
- O ‘período escuro’ da Química Orgânica, entre a ‘descoberta’ de Dalton e a formulação da Teoria Estrutural, que se constituiu em um período no qual os cientistas divergiam muito sobre os aspectos microscópicos da matéria e defendiam suas teorias, que, por generalizações e incoerências históricas do momento científico, acabavam ficando no esquecimento;
- Em 1850, as conclusões sobre os estudos atrelados às ligações de uma molécula, realizados pelos cientistas August W. van Hofmann e Alexander W. Williamson, além das observações dos químicos Kolbe e Frankland, acarretaram a ‘criação’ da palavra ‘valência’ – que vem da tradução do latim para ‘poder’ –, que definiria uma linha de pesquisa sobre a Geometria Molecular posteriormente.

De acordo com Sutton (2008), em 1858 – 50 anos após o advento da Teoria Atômica de Dalton – os químicos August Kekulé e Archibald S. Couper publicaram obras que compuseram como sendo ‘A Teoria Estrutural’, encerrando o ‘período escuro’ da Química Orgânica. Ainda conforme o autor, foi a partir desses primeiros estudos que se formularam alguns conceitos que são utilizados até hoje, tais como a proposição de Kekulé que considerava o carbono tetravalente ou o uso de traços para representar as ligações químicas, que foram sugeridos por Couper.

De acordo com Silva et al. (2018), o químico van Hoffman foi o primeiro pesquisador a tentar representar as estruturas das moléculas com modelos moleculares, utilizando bolinhas de cróquete –

tradução para *croquet*, um jogo recreativo de acertar bolinhas com martelos – para explicar a adição de átomos em uma cadeia e seu efeito na Geometria Molecular.

Entretanto, apesar de os estudos acerca do tema terem evoluído muito desde seu início, a compreensão de que as moléculas estavam num plano tridimensional, ou, melhor dizendo, de que as estruturas não estavam num mesmo plano, não era muito presente na sociedade acadêmica até o surgimento da estereoquímica em 1879, que consiste na parte da Química que estuda a conformação das moléculas (SUTTON, 2008).

Para Asimov (1965), um dos fatores culminantes no estudo da geometria das moléculas foram os estudos dos cientistas Jean B. Biot, em 1815, e Louis Pasteur, em 1848, que, ao realizarem experimentos em um intervalo de tempo relativamente próximo, descobriram que as moléculas podiam desviar a luz para lados diferentes, relacionando estes desvios com suas conformações. Esse fato suscitou a hipótese de que as moléculas estavam dispostas de maneira tridimensional e abriu caminho para pesquisas sobre sua localização no espaço.

Após anos de pesquisas, o próximo acontecimento importante na história da Geometria Molecular foi o trabalho desenvolvido pelo químico Gilbert N. Lewis, no ano de 1916, que se tratava de estudos das ligações químicas e seus comportamentos no espaço. Lewis foi, junto com Richard Abegg, um dos idealizadores da Teoria do Octeto. Esta teoria considera que um átomo sempre tende a realizar ligações a fim de permanecer com oito elétrons na camada de valência, para atingir certa estabilidade energética (SILVA et al., 2018). Embora saibamos atualmente que esta teoria possui algumas fragilidades, ela ainda está presente nos livros didáticos.

De acordo com Silva et al. (2018), após os estudos de Lewis e Abegg, mais quatro cientistas participaram ativamente do processo de construção do que hoje conhecemos por Geometria Molecular, sendo eles:

- a) Nevil Sidgwick e Herbert Powell, que, em 1940, estabeleceram que as propriedades dos compostos e seus comportamentos durante uma reação eram relativos às suas geometrias e tentaram explicar sobre o tema em pesquisas científicas, utilizando tecnologias disponíveis na época, como raios-X e espectros de absorção de radiação, entre outras;
- b) Ronald Gillespie e Ronald Nyholm, que, após 17 anos, em 1957, formularam o modelo utilizado até os dias de hoje para explicar, de maneira mais clara, a influência dos elétrons de determinados átomos na conformação de sua cadeia. A “Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência” – abreviada para TRPECV – é ensinada atualmente como modelo aceito pela academia para explicar a conformação dos átomos, estando fortemente difundida nos livros didáticos.

Isto posto, ao se observar o decorrer do desenvolvimento da Geometria Molecular, percebe-se que vários cientistas dedicaram bastante tempo de sua vida acadêmica pesquisando o tema, pois tinham, entre outros motivos, desconfianças e dúvidas sobre os modelos que surgiam e sua visualização espacial. Contudo, é possível perceber que os pesquisadores contribuíram também com a manutenção de como deviam ser ensinados esses conceitos aos estudantes de Química.

RELAÇÕES HISTÓRICAS NO ENSINO DA GEOMETRIA MOLECULAR

Para o ensino atual dos conceitos ligados à Geometria Molecular, é fundamental que sejam citadas as bases com que os cientistas propuseram os modelos e que os estudantes saibam sobre a construção do conhecimento químico que está ancorada a este tema. Para tanto, a partir de agora, faremos uso de imagens para demonstrar algumas relações históricas existentes durante o ensino de Geometria Molecular.

De acordo com o levantamento feito por Silva et al. (2018), a Geometria Molecular tem encontrado dificuldade no seu ensino e compreensão, desde que os primeiros pesquisadores levantaram a hipótese do estudo sobre o tema. Assim, Cruz e Alfaya (2013) trazem uma importante abordagem ao ensino da Geometria Molecular, ao informar haver necessidade dos pesquisadores em representar as moléculas para finalmente estudá-las de maneira mais satisfatória quanto a sua composição e propriedades. Portanto, percebe-se que os pesquisadores possuíam necessidade de visualizar as moléculas e suas inúmeras possibilidades de arranjos; sendo assim, a partir de agora, torna-se necessário que se discorra sobre as metodologias utilizadas para representar as moléculas para os estudantes, com o intuito de que compreendam essa teoria de maneira mais fácil e assertiva.

Primeiramente objetivou-se, de acordo com a pesquisa desenvolvida pelo cientista Couper (SUTTON, 2008), a representação das moléculas por desenhos dos átomos e linhas representando suas ligações,

conforme se pode observar na Figura 2. Este modelo se mostrou bastante útil para a teoria das ligações, mas logo encontrou problemas quanto a natureza tridimensional das moléculas.

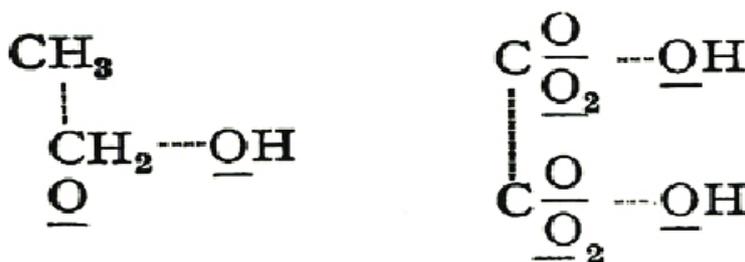


Figura 2. Representações de Estruturas Moleculares de Couper.

Fonte: Silva; Fonseca; Freitas (2018).

Dessa maneira, ao se encontrarem dificuldades quanto a disposição espacial das moléculas (SILVA et al., 2018), rapidamente a ideia de modelos passou a ser mais presente no cotidiano científico. O trabalho com modelos, conforme já citado, teve início no ano de 1865 com o químico August van Hofmann, que, após formular suas ideias sobre a geometria das moléculas, decidiu desenhar e montar estruturas (conforme a Figura 3), para ilustrar como seria a disposição espacial de algumas moléculas de seu interesse científico na época.

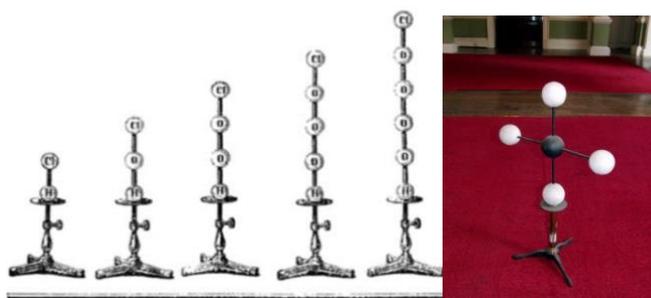


Figura 3. Desenhos (à esquerda) e modelo (à direita) das representações moleculares de van Hofmann.

Fonte: Adaptado de Silva, Fonseca e Freitas (2018).

Desde a utilização longínqua dos modelos moleculares, de acordo com diversos autores consultados, como Silva (2006), Moura (2010), Farias et al. (2015) e Silva et al. (2017), houve um aprimoramento desses modelos, visando torná-los mais inteligíveis, de fácil montagem e compreensão conceitual.

No entanto, Silva (2006) considera que a educação em Química se encontra engessada quando se refere a temática da Geometria Molecular. Há um aspecto simplista que limita o tema ao uso de uma tabela que apresenta algumas geometrias. Ainda segundo a autora, a grande maioria dos livros didáticos da atualidade, ou seja, aqueles escritos após a ‘descoberta’ da TRPECV, utiliza esta tabela, como a exemplificado na Figura 4, para o ‘ensino’³ dos conceitos de arranjo e Geometria Molecular, reduzindo, dessa forma, qualquer possibilidade de entender as diversas anomalias que circundam o universo plural das moléculas.

³ É importante salientar que o termo ‘ensino’ encontra-se em destaque visto que, com a utilização da tabela, de acordo com Silva (2006), faz-se forte apelo a um processo mnemônico, isto é, que enfatiza a memorização, acarretando empecilhos que impulsionam a compreensão e o entendimento dos conceitos numa visão não tridimensional, o que pode contribuir com um histórico de dificuldades por parte dos estudantes em internalizar as proposições do tema e sua amplitude conceitual e relacional com outros assuntos importantes que estão fortemente imbricados à Geometria Molecular, tais como reatividade, polaridade, magnetismo, atividade biológica, entre outros.

Nº de nuvens eletrônicas ao redor do átomo central	Nº de elétrons não-ligantes	Fórmula eletrônica	Disposição dos ligantes	Geometria molecular
2	0	$O \equiv C \equiv O$		Linear
	1	$:\ddot{N} \equiv N:$		Linear
3	0	O \parallel $O = S = O$		Trigonal planar
	1	O \parallel $O = S = O$		Angular
	2	$:\ddot{O} \equiv O$		Linear
4	0	H \parallel $H - C = H$ \parallel H		Tetraédrica

Figura 4. Excerto da tabela atual de geometrias moleculares.

Fonte: extraído de Nahra (2018).

Com o andamento das pesquisas dos autores supracitados, foi possível comprovar que a utilização da Tabela 4 gera incompreensões, a citar, como exemplo, dificuldades no entendimento do caráter tridimensional das moléculas ou sobre como se dão os arranjos dos seus pares de elétrons de acordo com a conformação das ligações dispostas em uma molécula, entre outros. Dessa forma, o caráter imaginativo, abstrato e descontextualizado que, possivelmente, contribui para o desinteresse dos estudantes sobre a importância do conteúdo científico (Geometria Molecular) é reforçado e, para além disso, colabora para desencadear uma série de obstáculos que dificultam o entendimento de diferentes temas que possuem o referido conteúdo como base porque pode acarretar impedimentos na aquisição de aprendizagem que se enraízam na estrutura cognitiva dos alunos.

Em vista disso e com a necessidade dos pesquisadores da área em representar as conformações das moléculas no espaço, cada vez mais está sendo proposto o uso de diversos novos meios para efetuar uma demonstração mais lúdica e sensorial das geometrias das moléculas. Isso pode ser visto nos trabalhos de Farias et al. (2015) e Silva et al. (2017), que foram alguns dos muitos trabalhos analisados com o mesmo viés. Salientamos que seria impossível citar todos os trabalhos desenvolvidos de maneira semelhante – nos quais é possível observar a construção de modelos com materiais de baixo custo, como gomas mastigáveis, dispersores de desodorantes *roll-on*, cotonetes e palitos de churrasco. Na Figura 5, por exemplo, é apresentado um modelo de geometria que utiliza bolas de isopor.

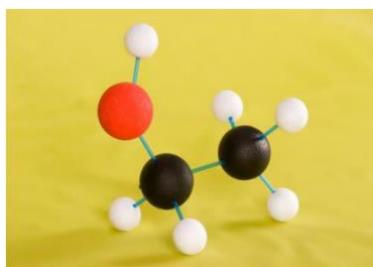


Figura 5. Modelo molecular produzido com materiais de baixo custo.

Fonte: Farias et al. (2015).

A utilização desses modelos, de acordo com os resultados apresentados nas pesquisas realizadas por Farias et al. (2015) e Silva et al. (2017), demonstrou ser positiva para o aprendizado dos estudantes, ao auxiliá-los a compreender melhor as teorias envolvidas no processo de aprendizagem do tema. Estes sistemas, historicamente, são bem semelhantes aos propostos por van Hofmann em 1865.

Porém, com o advento das TD, novas ferramentas podem ser utilizadas para o ensino da Geometria Molecular, como o modelo proposto pela Universidade do Colorado (2018), que desenvolveu o programa de simuladores PhET⁴ – um repositório com mais de 100 simulações para o ensino de ciências e matemática – no qual existe uma simulação computacional acerca da TRPECV, apresentado na Figura 6.

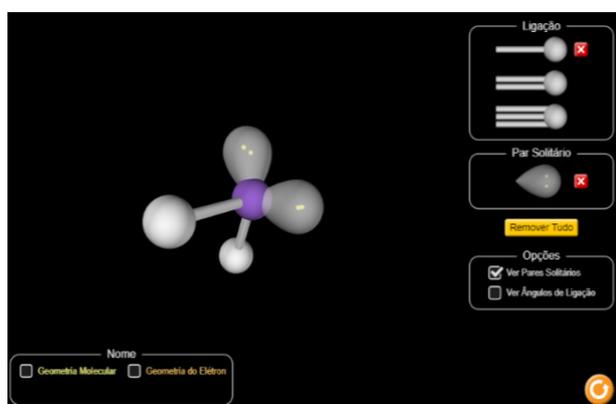


Figura 6. Uso da Tecnologia Digital de Simulação para exposição da TRPECV.

Fonte: Universidade do Colorado (2018).

Já na pesquisa promovida por Moura (2010), podemos observar a utilização da Realidade Virtual⁵, que representa um grande avanço no estudo da composição estrutural das moléculas, promovendo, de acordo com o histórico do ensino desse conceito, um grande incremento na visualização molecular, iniciada há 145 anos. É possível observar exemplos da aplicação da Realidade Virtual na Figura 7.

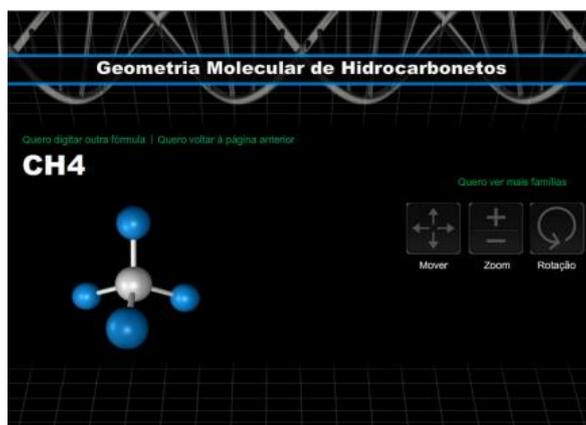


Figura 7. Uso da Tecnologia Digital de Realidade Virtual para exposição da TRPECV.

Fonte: Moura (2010).

Há ainda linhas de pesquisas para aprimorar o uso de tecnologias para o ensino de conceitos sobre a Geometria Molecular, visto que a tecnologia é um campo em permanente expansão e que ainda tem muito a contribuir, sobretudo para o entendimento de diversas áreas das ciências.

CONEXÕES ENTRE O ESTUDO E O ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR

Historicamente, as relações de aprendizagem promovidas pelo desenvolvimento das representações apresentadas pela evolução dos conceitos científicos estão profundamente interligadas com o uso de

⁴ Disponível para acesso no endereço: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

⁵ Pode ser definida como uma interface avançada na qual o sujeito, ao utilizar instrumentos tecnológicos como *smartphones* e óculos próprios para a simulação, é exposto a aplicações que o possibilitam visualizar, movimentar e interagir, em tempo real, com conteúdos multimidiáticos (imagens, sons, simulações).

multimeios para facilitar a visualização do tema exposto, o que, conforme observado, pode variar de possibilidades simples e criativas até o uso de TD.

Pode-se notar esta evolução quando, por exemplo, van Hofmann (SILVA et al., 2018) esforçou-se para representar as moléculas fisicamente em escala ampliada. Desde então os modelos foram, e estão sendo, de fundamental importância para o estudo da Geometria Molecular, constituindo a base para estudos mais aprofundados.

Também analisando o contexto histórico, nota-se que as teorias desenvolvidas para explicar determinados fenômenos – como a teoria das ligações dos elementos – auxiliaram os cientistas a chegarem a outras conclusões que rejeitaram as ideias tecidas inicialmente acerca do tema, levando-se em conta o contexto histórico, como, por exemplo, a construção da TRPECV, o que denota o caráter evolutivo da ciência.

Ainda, a necessidade da representatividade dos conceitos submicroscópicos da Química e sua incansável busca pelos pesquisadores fomentam a utilização das novas tecnologias, como Simulações, Realidade Virtual, Realidade Aumentada⁶ e Realidade Mista⁷, como aportes eficazes na compreensão e aprimoramento do entendimento e do processo de promoção de aprendizagens relacionadas à Química.

A facilitação da observação promovida pela história atrelada às pesquisas elucidativas do ensino da Geometria Molecular pôde promover o avanço teórico do conceito, pois, conforme os cientistas descobriam as novas maneiras de representar as moléculas, melhor podiam prever as suas características, sem pormenorizar a plena e constante possibilidade de evolução dos conceitos.

Com o progresso da humanidade nos outros aspectos que não aqueles pertencentes à Química, possibilitou-se que houvesse o desenvolvimento de conceitos abstratos de maneira muito mais intuitiva e participativa, com os quais, por exemplo, podem ser utilizadas as TD para uma visualização das conformações das moléculas de modo mais eficaz quando comparado com uma possibilidade menos assertiva, ao se utilizarem as bolinhas de crôquete.

É importante ressaltar também que, a partir dos levantamentos realizados com os referenciais utilizados neste artigo, pôde-se perceber que, ao longo da história, a pesquisa sobre a ciência esteve inteira e puramente imbricada ao ensino. Dessa forma, as metodologias que os cientistas utilizam para explicar os modelos por eles propostos deveriam estar intrinsecamente em contato com as metodologias utilizadas pelos professores das áreas afins para retratar o pensamento aceito atualmente, visto que, segundo Lima (2012), o professor teria como um dos papéis fundamentais transpor, de maneira didática, o conhecimento entre essas esferas.

Nesse caso, o estudo das diferentes representações entre a teoria dos cientistas e a prática de ensino pode auxiliar na aproximação entre esses dois campos de pesquisa, aferindo-se que, conforme observa-se na pesquisa de Silva, Souza e Carvalho Filho (2017), os professores são os próprios pesquisadores da sua prática docente e construtores dos processos envolvidos na promoção de aprendizagens que emergem por meio da criatividade e uso de materiais acessíveis.

Isto posto, é possível estabelecer a busca e a integração de novos métodos para representar a forma com que se dá uma ligação entre átomos, como uma conexão fundamental entre o estudo e o ensino da Geometria Molecular, para que se possibilite a melhora tanto da maneira com que se compreende essa conformação quanto da maneira como ela é ensinada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo efetuar um levantamento acerca dos momentos históricos do ensino e pesquisa na temática Geometria Molecular, além de explorar a faceta histórica da construção do ensino de Química no território brasileiro e correlacioná-la à discussão sobre a inserção dos conceitos vinculados ao estudo da Geometria Molecular.

Logo, ao se fundamentar esta pesquisa, percebeu-se que possivelmente há relação entre o tardio reconhecimento da Química no Brasil e a defasagem dos seus métodos de ensino, e isto pode ter causado uma ampliação do distanciamento da Química ao cotidiano das pessoas. Observando o decorrer da evolução científica sobre a Geometria Molecular, é possível inferir que a ciência é uma teia de

⁶ Constituída pelo enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real.

⁷ Pode ser entendida como a junção da Realidade Virtual com a Realidade Aumentada, ou seja, objetos virtuais são trazidos ao ambiente real e podem ser manipulados pelo sujeito ou por objetos reais.

conhecimentos interligados, constantemente em desenvolvimento, e que é comum utilizar ideias passadas em complemento às novas para se fazer progredir o processo científico.

Apesar de a teoria aceita que melhor explica a Geometria Molecular estar vigente desde meados de 1957, ao se analisar a bibliografia consultada, é concebível compreender que o processo de constituição desse tópico ocorreu – e ainda ocorre – de maneira progressiva, isto é, ao longo dos vários momentos científicos da humanidade foram surgindo modelos distintos. Porém, ressaltamos que é importante, analisando-se sob o viés histórico, que os estudos sobre a maneira como se ensina a Geometria Molecular continuem, a fim de que haja evoluções dentro do tema.

Ao se analisar o contexto histórico do ensino dos conceitos do objeto de pesquisa deste trabalho, houve a percepção de que a teoria sobre determinado tema pode estar ligada ao modo como se ensina esse tema, ou seja, ao evoluir o modelo científico, as metodologias para o ensino desse modelo também evoluem.

Notou-se também que o uso das Tecnologias Digitais pode ser atrelado a possibilidades mais robustas de abordagem dos conceitos relacionados, por promoverem a representação das geometrias dos compostos de maneira mais completa – no modelo vigente – trazendo para os estudantes uma maneira diferente de reorganizar a interpretação dos conhecimentos.

Após a confecção deste trabalho, espera-se que novos métodos e estratégias de ensino continuem sendo estimulados no ensino de Geometria Molecular e, conseqüentemente, sejam aprimorados continuamente ainda mais os processos de ensino e aprendizagem, potencializando uma melhor compreensão da temática aqui discutida

REFERÊNCIAS

- A Graça da Química (2017). *Geometria Molecular*. Disponível em: <<http://agracadaquimica.com.br/wp-content/uploads/2017/10/geometria-molecular1.png>>. Acesso em 04/06/2020.
- Asimov, I. (1965). *A short History of Chemistry*. New York: Anchor Books. Disponível em: <<https://archive.org/details/ShortHistoryOfChemistry-English-IsaacAsimov>>. Acesso em 15/10/2018.
- Brasil (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. Brasília: MEC/SESu.
- Brasil (2002). Química. *PCN+ Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC, 87-110.
- Brasil (2013). *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica*. Brasília: MEC.
- Brown, H. C. (1959). Foundations of the Structural Theory. *Journal of Chemical Education*, 36(3), 104-110.
- Carneiro, A. (2006). Elementos da História da Química do Século XVIII. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 102, 25- 31.
- Chassot, A. I. (1996). Uma história da educação química brasileira: sobre seu início discutível apenas a partir dos conquistadores. *Episteme*, 1(2), 129-146.
- Cruz, C. P. C. S., & Alfaya, R. V. S. (2013). Modelos Moleculares: Construção e Utilização no Ensino de Ligação Covalente e Estrutura Molecular. *Os Desafios na Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE*, Curitiba: SEED/PR, vol. 01.
- Farias, F. M. C., Del-Vecchio, R. R., Caldas, F. R. R., & Gouveia-Matos, J. A. (2015). Construção de um Modelo Molecular: Uma Abordagem Interdisciplinar Química-Matemática no Ensino Médio. *Revista Virtual de Química*, 7(3), 849-863.
- Filgueiras, C. A. L. (1988). Dom Pedro II e a Química. *Revista Química Nova*, 11(2), 210- 214.
- Filgueiras, C. A. L. (1990) Origens da ciência no Brasil. *Revista Química Nova*, 13(3), 222-229.
- Giles, T. R. (2003). *História da Educação*. São Paulo: EPU.
- Lima, J. O. G. (2012). Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. *Revista Espaço Acadêmico*, 12(136), 95-101.

- Lima, J. O. G. (2013). Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do Ensino de Química no Brasil. *Revista Espaço Acadêmico*, 12(140), 71-79.
- Lopes, A. R. C. (1998) A disciplina Química: currículo, epistemologia e história. *Episteme*, 3(5), 119-142.
- Macedo, E., & Lopes, A. R. C. (2002) A estabilidade do currículo disciplinar: o caso das ciências. In: *Lopes, A. C., & Macedo, E. (2002). Disciplinas e integração curricular: história e políticas*. Rio de Janeiro: DP&A, 73-94.
- Motoyama, S. (2000). 500 anos de Ciência e Tecnologia no Brasil. *Revista Pesquisa FAPESP*, Edição especial, 52.
- Moura, J. A. S. A. (2010). Realidade Virtual como uma ferramenta para o ensino da Geometria Molecular. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, *Dissertação (Mestrado)*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. 92 f.
- Nahra, S. (2018). *Molécula*. Disponível em: <<https://querobolsa.com.br/enem/quimica/molecula>>. Acesso em 04/06/2020.
- Química. (2019). In: *Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa [online] (2019)*. Editora Melhoramentos. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/Química>>. Acesso em 05/10/2019.
- Rosa, M. I. P., & Tosta, A. H. (2005). O lugar da Química na escola: movimentos constitutivos da disciplina no cotidiano escolar. *Ciência & Educação*, 11(2), 253-263.
- Scheffer, E. W. O. (1997). Química: ciência e disciplina curricular, uma abordagem histórica. *Dissertação (Mestrado)*. Programa de Pós-Graduação Química, Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 157 f.
- Severino, A. J. (2017). *Metodologia do Trabalho Científico*. 24ª ed. São Paulo: Cortez.
- Shriver, D. F., & Atkins, P. W. (2006). *Química inorgânica*. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman.
- Silva, K. S., Fonseca, L. S., & Freitas, J. D. (2018). Uma Breve História da Geometria Molecular sob a Perspectiva Didático-Epistemológica de Guy Brosseau. *Revista Acta Scientiae*, 20(4), 626-647.
- Silva, T. S., Souza, J. J. N., & Carvalho Filho, J. R. (2017). Construção de Modelos Moleculares com Material Alternativo e sua Aplicação em Aulas de Química. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(2), 104-117.
- Silva, A. P. M. (2016). Geometria Molecular: Elaboração, Aplicação e avaliação de uma sequência didática envolvendo o lúdico. 80f. *Dissertação (Mestrado)*, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza. Niterói: Universidade Federal Fluminense.
- Silva, A. P., Santos, N. P., & Afonso, J. C. (2006). A criação do curso de engenharia química na Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil. *Revista Química Nova*, 29(4), 881-888.
- Sutton, M. (2018). A Forgotten Triumph. *The Royal Society of Chemistry [online]*. Disponível em: <<https://www.chemistryworld.com/feature/a-forgotten-triumph/3004463.article>>. Acesso em 10/10/2018.
- Universidade do Colorado (2018). *PbET Interactive Simulations*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecule-shapes>. Acesso em 05/06/2020.