

Entre conceito e páginas: discussões acerca do conceito de Interações Intermoleculares em Obras Históricas de Química

Michael Costa da Rosa
Fernanda Karolaine Dutra da Silva
Vitória Schiavon da Silva
Bruno dos Santos Pastoriza
Alessandro Cury Soares

Resumo

Este trabalho tem como objetivo investigar o conceito de Interações Intermoleculares em obras históricas de Química, buscando compreender como esse conteúdo foi abordado ao longo do tempo. Para isso, foi adotada a metodologia de análise documental, conforme os pressupostos de Lüdke e André (2017), estruturada em três etapas: seleção dos documentos, unitarização e codificação, e construção de categorias analíticas. A seleção contemplou livros publicados entre 1850 e 1960, localizados em acervos das universidades Unisinos, UFRGS e PUC-RS, com base na presença dos termos "coesão/cohesão", "Forças de van der Waals" e "Ligações de Hidrogênio". Dentre os 36 livros inicialmente levantados, apenas sete continham discussões sobre Interações Intermoleculares, compondo o corpus da pesquisa. A análise resultou na construção de duas categorias: "A discussão das Interações Intermoleculares no Brasil", que abrange os livros L1 a L4, marcados por uma abordagem mais empírica e descritiva, refletindo a influência e a dependência científica do Brasil em relação à produção europeia; e "Percursos das Interações Intermoleculares na Europa", composta pelos livros L5 a L7, que apresentam um aprofundamento conceitual mais sistemático, evidenciando o avanço das teorias sobre Interações Intermoleculares, especialmente a partir dos estudos de van der Waals. As categorias identificadas permitiram compreender as transformações na abordagem desse conceito ao longo do tempo e em diferentes contextos geográficos, revelando tanto o impacto da ciência europeia na formação do pensamento químico brasileiro quanto as mudanças epistemológicas implicadas na consolidação do conhecimento sobre as Interações Intermoleculares.

Palavras-chave: Ensino de Química, Obras Históricas, Interações Intermoleculares

Abstract

This study aims to investigate the concept of Intermolecular Interactions in historical works of Chemistry, seeking to understand how this content has been addressed over time. For this purpose, the methodology of documentary analysis was adopted, according to the assumptions of Lüdke and André (2017), structured in three stages: selection of documents, unitarization and codification, and construction of analytical categories. The selection included books published between 1850 and 1960, located in collections of the universities Unisinos, UFRGS and PUC-RS, based on the presence of the terms "cohesion/cohesion", "van der Waals forces" and "hydrogen bonds". Among the 36 books initially surveyed, only seven contained discussions on Intermolecular Interactions, composing the research corpus. The analysis resulted in the construction of two categories: "Discussion of Intermolecular Interactions in Brazil", which includes books L1 to L4, marked by a more empirical and descriptive approach, reflecting Brazil's scientific influence and dependence on European production; and "Paths of Intermolecular Interactions in Europe", composed of books L5 to L7, which present a more systematic conceptual deepening, evidencing the advancement of theories on Intermolecular Interactions, especially from the studies of van der Waals. The identified categories allowed us to understand the transformations in the approach to this concept over time and in different geographical contexts, revealing both the impact of European science on the formation of Brazilian chemical thought and the epistemological changes implied in the consolidation of knowledge on Intermolecular Interactions.

Keywords: *Teaching Chemistry, Historical Works, Intermolecular Interactions*

INTRODUÇÃO

Discussões sobre o uso de Livros Didáticos (LDs) no Ensino de Química têm sido recorrentes e amplamente exploradas na literatura acadêmica. Estudos analisam o papel e a eficácia desses materiais na prática educacional^{1,2,3}. Segundo esses autores^{4,5,6} os LDs são considerados recursos fundamentais na educação, oferecendo uma base estruturada para o processo de ensino e aprendizagem. Assim, eles são importantes tanto para professores, sendo essencial para o conhecimento docente, em que, os utilizam como guia para o planejamento de aulas e desenvolvimento de atividades, bem como, pode ser recursos estruturantes e complementares para os estudantes, que se beneficiam do conteúdo organizado. Em torno disso, os LDs em Química desempenham uma contribuição potente na mediação entre o conhecimento científico e os estudantes, podendo facilitar a compreensão de conceitos complexos e promovendo o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas⁷.

As obras identificadas como históricas neste trabalho constituem uma fonte documental no Ensino de Química, permitindo o acesso a registros sobre o desenvolvimento da disciplina ao longo do tempo. Esses materiais, frequentemente compostos por edições antigas, apresentam conteúdos relacionados às teorias e práticas que caracterizaram diferentes momentos da História da Química. Sua utilização possibilita a observação de processos de formulação, transformação e consolidação de conhecimentos científicos em diferentes contextos históricos⁸.

Em vista disso, o objetivo deste trabalho consiste em investigar a abordagem dos conceitos de Interações Intermoleculares em livros históricos de Química ao decorrer do tempo. A partir desse objetivo, realizamos uma análise documental de sete obras históricas que abordam o conceito em questão. A análise foi conduzida com o propósito de examinar como o conceito de Interações Intermoleculares foi tratado e

¹ Sousa, B. Maia, da Silva Souza, João Paulo, Baldinato, José Otávio. "Experimentos históricos nos livros didáticos: implicações para o ensino de química." *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 40 (2023): 357-391, Experimentos históricos nos livros didáticos: implicações para o ensino de química | Caderno Brasileiro de Ensino de Física (ufsc.br).

² Lima, M. E. C. de Castro, Silva, P. Souza. "Critérios que professores de química apontam como orientadores da escolha do livro didático". *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* 12 (2010): 121-136, <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120208>.

³ Rocha, C. José, de Farias, Sidilene. "A importância do livro didático na integralização e aulas de Química em escola pública". *EDUCA-Revista Multidisciplinar em Educação* 7 (2020): 1547-1560, Vista do A importância do livro didático na integralização e aulas de Química em escola pública (unir.br).

⁴ Ibid.

⁵ Ibid.

⁶ Ibid.

⁷ Ibid.

⁸ Lutfi, Mansur. "Produção social de livros escolares de química no Brasil, de 1810 a 1941". *Revista virtual de química* 4 (2012): 703-718, 10.5935/1984-6835.20120053.

discutido ao longo dos anos nas Obras Históricas⁹ investigadas. A escolha de investigar livros históricos se deve ao fato de que eles representam um elo vital entre o passado e o presente, oferecendo aspectos valiosos sobre as práticas científicas, tecnológicas e culturais de épocas anteriores.

PERCURSO METODOLÓGICO DA INVESTIGAÇÃO

O livro escolar de Química possui uma longa história de uso no Brasil, com registros de sua presença por pelo menos 200 anos¹⁰. Para a investigação nesses materiais, realizamos uma análise focada em livros de diferentes períodos históricos, como um guia cronológico.

A análise documental foi então conduzida com o objetivo de identificar e compreender as características distintivas desses livros, explorando aspectos como: abordagem pedagógica, organização do conteúdo, linguagem utilizada, mas principalmente buscamos identificar as mudanças ao longo do tempo. Este estudo permite uma reflexão sobre como a educação científica tem se constituído e se adaptado às novas demandas educacionais e sociais.

Para realizar o processo de análise nos respaldamos na análise documental (que possui o intuito de representar de forma condensada a informação), para consulta e armazenamento de informações que podem contribuir para o alicerce de um conhecimento¹¹. Sendo assim, trata-se de um procedimento que utiliza métodos e técnicas de captação, compreensão e análise de um universo de documentos. Em vista disso, essa técnica possui um cunho qualitativo, expressando métodos direcionados à apreensão e à extração de dados provenientes de documentos, com uma compreensão aprofundada dos fatos investigados.

Para a coleta de dados, podem ser obtidas de diversas formas, sendo necessário determinar o objetivo da pesquisa para poder definir a abordagem mais adequada de coleta de dados. Além disso, ressaltamos que a Análise Documental visa identificar informações factuais nos documentos com base em questões e hipóteses de interesse, utilizando o próprio documento como objeto central de estudo. De modo que, para o percurso metodológico dessa análise enfatizamos três movimentos que são as bases para a análise documental: Qual documento a ser analisado/análise do documento; unitarização e codificação; Construção de Categorias/Tipologias¹².

O primeiro momento do trabalho consistiu na definição do tipo de documento a ser analisado, com base em critérios previamente estabelecidos, orientados por ideias e hipóteses que direcionaram a seleção das obras. O recorte temporal definido para a análise — de 1850 a 1960 — está relacionado as discussões

⁹ entendemos por obras históricas os livros de Química produzidos em períodos anteriores, independentemente de seu propósito original (didático, científico ou técnico), os quais refletem concepções, linguagens e práticas da ciência em diferentes momentos históricos.

¹⁰ Ibid.

¹¹ Ludke, Menga, & André, Marli E. D. Afonso. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. Rio de Janeiro: E.P.U., 2017. 112P.

¹² Ibid.

de conceitos fundamentais para este estudo. A partir da segunda metade do século XIX, iniciam-se formulações sistemáticas sobre as ligações químicas, com destaque para os modelos estruturais e as primeiras tentativas de representar como os átomos se combinam para formar moléculas. Já por volta da década de 1960, observamos a consolidação de estudos voltados especificamente às interações intermoleculares, com o refinamento das descrições sobre Forças Intermoleculares, como as Forças de van der Waals. Assim, o intervalo entre 1850 e 1960 compreende um período relevante para observar como os conceitos relacionados às interações entre partículas foram sendo introduzidos, formulados e transformados no campo da Química, o que justifica a escolha dos livros produzidos nesse contexto histórico¹³.

A respeito da escolha das Obras Históricas selecionadas, os critérios prévios foram: a presença dos termos Coesão/Cohesão, Forças de van der Waals e Ligações de Hidrogênio. Justificamos que, os termos investigados foram determinados através de um estudo preliminar do corpus, no qual identificamos que esses são os principais termos utilizados nas obras analisadas para se referir as Interações Intermoleculares, portanto, essa escolha foi fundamentada na relevância com que esses conceitos aparecem nos materiais identificados.

Ainda, os termos Coesão, Forças de van der Waals e Ligações de Hidrogênio foram selecionados como palavras de análise por constituir expressões representativas de diferentes formas de abordar as Interações Intermoleculares ao longo da história da Química. Assim, a escolha desses termos busca captar, nos livros didáticos, as variações conceituais e terminológicas associadas a construção desse campo de conhecimento entre 1850 e 1960. Por exemplo, a discussão noção de Coesão, é frequentemente utilizada de maneira mais geral ou pré-científica para descrever a união entre partículas, podendo refletir explicações anteriores à formalização dos modelos de interação molecular. Já os termos Forças de van der Waals e Ligações de Hidrogênio correspondem a formulações mais específicas, consolidadas em diferentes momentos da história da ciência, e que passaram a integrar os manuais escolares à medida que se estabilizavam na literatura científica.

Em vista disso, sobre as Ligações de Hidrogênio, optamos por utilizar no texto o termo Ligações de Hidrogênio em consonância com os próprios livros históricos analisados, os quais, em sua maioria, já empregavam essa terminologia. Assim, nossa escolha não se trata de uma atualização ou substituição terminológica, mas sim de uma adesão ao vocabulário efetivamente presente nas obras investigadas. Embora o termo pontes de hidrogênio também tenha sido utilizado historicamente, especialmente em certas traduções ou períodos específicos, ele não foi predominante nos materiais analisados. Dessa forma, a

¹³ SILVA, Fernanda Karolaine Dutra da. De interações intermoleculares e perfis epistemológicos: por que o ensino de Química ainda pensa clássico em seus materiais? 2025. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2025.

manutenção do termo Ligações de Hidrogênio no texto reflete a fidelidade ao corpus examinado e respeita o contexto linguístico das fontes históricas consideradas.

Nesse sentido, realizamos seleção de livros históricos presentes em acervos de universidades do Rio Grande do Sul, sendo elas: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). Mediante esse processo, 36 livros foram selecionados, no entanto, apenas 7 livros continham trechos que abordavam os conceitos de Interação Intermolecular, que nessa época era discutido com o uso dos termos apresentados anteriormente.

Posterior ao momento de seleção dos documentos, ocorre o processo de unitarização e codificação da unidade e trechos dos documentos. Esse momento de codificação/unitarização envolve a transformação das informações brutas em segmentos organizados e numerados, permitindo a representação do documento. Para essa pesquisa, a codificação/unitarização foi atribuída identificações únicas a cada livro analisado, o que permitiu sua distinção e referência ao longo da pesquisa, logo, essa codificação seguiu uma sequência numérica crescente para cada livro, resultando em identificadores numerados (L1, L2, L3, L4, L5, L6 e L7). Além disso, a unitarização envolveu a subdivisão de cada livro em unidades distintas, para permitir uma análise detalhada e organizada dos conteúdos relacionados aos conceitos de Interações Intermoleculares presentes em cada obra. As unidades foram designadas com o prefixo "U" seguido de um número (por exemplo, U1, U2, U3), representando diferentes partes. Para uma melhor compreensão, abaixo criamos um quadro para especificar os livros analisados:

Quadro 1: Livros Históricos analisados. Fonte: Autores

Código	Unitarização	Título	Edição	Ano de Publicação	País
L1	L1Un	Elementos de Chimica Geral Baseados nas modernas acquisições scientificas refundidos e adaptados aos programa de admissão ás Escolas Superiores	2 ed	1913	Brasil
L2	L2Un	Curso Geral de Quimica	2 ed	1932	Brasil
L3	L3Un	Elementos de Chemica Inorganica para alunos d'esta disciplina nos gymnasios e escola superiores da república	2 ed	1921	Brasil
L4	L4Un	Lições de Chimica para uso de Aspirantes a todas a escola superiores: Physico - Chimica	4 ed	1932	Brasil

L5	L5Un	França; Cours Élémentaire de Quimie	3 ed	1851	França
L6	L6Un	Inorganic Chemistry	1 ed	1956	Espanha
L7	L7Un	Chimie Générale	4 ed	1952	França

Por fim, para organizar os trechos retirados dos diferentes livros, emergiu duas categorias para fundamentar as discussões e melhor analisar a abordagem do conceito que investigamos nestes materiais. A primeira categoria é A Discussão das Interações Intermoleculares no Brasil (L1, L2, L3 e L4), destacamos que a categoria surgiu devido à aparição de quatro livros históricos publicados no Brasil, que apresentavam semelhanças na forma de abordagem e discussão. A primeira categoria, intitulada A Discussão das Interações Intermoleculares no Brasil (L1, L2, L3 e L4), foi constituída a partir da identificação de quatro obras históricas publicadas em território brasileiro, que apresentaram elementos comuns em relação à forma como abordavam as Interações Intermoleculares. A recorrência de determinados termos, a organização conceitual e a linguagem empregada nesses livros revelaram estratégias semelhantes de apresentação dos conteúdos. A criação dessa categoria, portanto, não se deu apenas pela origem geográfica das publicações, mas também sobretudo, pelas convergências observadas na construção dos saberes químicos relacionados ao tema, o que nos permitiu tratá-las em conjunto para fins analíticos.

A segunda categoria Percursos na Europa século (L5, L6 e L7), envolve os avanços das Ciências no aprimoramento de discussões e proposição de teorias mais revestidas, detalhadas e que possuem melhor aprofundamento e enfoques em relação ao conceito de Interação Intermolecular, sendo complementado com relações de fenômenos naturais na descrição dos trechos. Ademais, nessa categoria iremos discorrer sobre as diferenças dos termos utilizados pelos livros publicados na Europa, que seriam Cohésion e Forces de van der Waals, sendo esses os termos referentes ao nosso conceito de interesse nesses materiais e denotar suas diferenças e implicações, embora se refiram ao mesmo conceito, esses termos possuem um enfoque distinto.

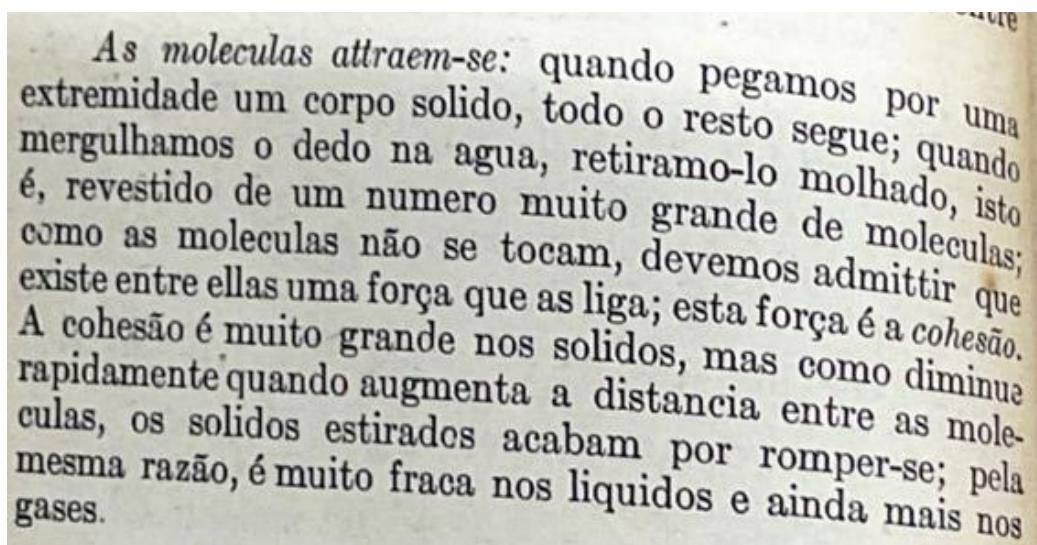
A DISCUSSÃO DAS INTERAÇÕES INTERMOLECULARES NO BRASIL

De modo geral, constatamos que o termo utilizado para se referir às Interações Intermoleculares era "Cohesão" ou "Coesão", também relacionado às discussões sobre o comportamento e a descrição dos corpos. Durante a análise, percebemos que as concepções de coesão foram empregadas para caracterizar diferentes corpos, relacionar conceitos diversos e abordados nas Obras Históricas. No entanto, encontramos apenas um parágrafo que descreve a natureza da coesão, sem um capítulo específico ou páginas dedicadas à definição do conceito. Esse termo era utilizado como uma ferramenta para explicar os fenômenos

interativos entre diferentes moléculas. Corroborando com essa visão os Zeegers e Huyskens¹⁴ apontam que:

Há um limite para a descrição de potenciais de interação por equações generalizadas contendo cada vez mais parâmetros, especialmente quando a suposição de simetria esférica não pode ser mantida, como no caso da maioria das moléculas poliatômicas. Certas moléculas compartilham propriedades específicas para uma determinada parte de sua estrutura química. Uma grande vantagem sistemática é frequentemente obtida ao tratar as forças de interação resultantes de tais características como uma categoria específica de natureza química única.

De acordo com o referencial mencionado, é possível utilizar as concepções sobre Coesão e/ou Interação Intermolecular para caracterizar e diferenciar moléculas e suas ligações, sem estabelecer a distinção que, atualmente, é feita entre Interações Intramoleculares, no caso interação dipolo-dipolo, interação dipolo induzido e Ligações de Hidrogênio. Em vista disso, essas concepções permitem uma análise das interações que mantêm as moléculas unidas. Desta forma, destacamos que, mesmo com algumas diferenças nos anos de publicação desses livros, todos utilizam o termo "Cohesão". Nesse contexto, as obras localizadas no Brasil apresentam similaridades na abordagem desse conceito, embora existam pequenas diferenças entre elas. Especificamente, o livro L4 não se concentra na definição do conceito de coesão, mas sim em suas diferentes manifestações, como no comportamento e nos movimentos das moléculas. No entanto, dedica um parágrafo significativo à explicação do conceito de coesão, conforme observado nas unidades L4U3 e L4U5:



As moléculas attraem-se: quando pegamos por uma extremidade um corpo sólido, todo o resto segue; quando mergulhamos o dedo na agua, retiramo-lo molhado, isto é, revestido de um numero muito grande de moléculas; como as moléculas não se tocam, devemos admittir que existe entre ellas uma força que as liga; esta força é a cohesão. A cohesão é muito grande nos sólidos, mas como diminue rapidamente quando aumenta a distancia entre as moléculas, os sólidos estirados acabam por romper-se; pela mesma razão, é muito fraca nos líquidos e ainda mais nos gases.

Figura 1: Unidade L4U3

¹⁴ Zeegers-Huyskens, Therese, Huyskens, Pierre. Intermolecular forces, in Intermolecular forces: An introduction to modern methods and results. (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1991): 30, Intermolecular Forces | SpringerLink.

Um exemplo dará uma idéa da grandeza da cohesão: para separar ou afastar as moléculas de 1 kgr de gelo no phénomeno da fusão, são necessárias 80 grandes calorias, sejam $80 \times 426 = 34.000$ kgm; para levar esta agua de 0° a 100° é preciso mais um trabalho de 42.600 kgm; para vaporizar esta agua a 100° são precisos ainda $538 \times 426 = 229.000$ kgm.

Figura 2: Unidade L4U5

Ademais, o L4 também foca na molécula, ou seja, nos corpos, não em uma conceituação própria da coesão. Cabe enfatizarmos que, o enfoque do modo que é realizada abordagem do conceito, está relacionado por conta de o assunto principal ser direcionado pela constituição do átomo, como podemos perceber nas vastas proposições de modelos atômicos entre os séculos XIX e XX. A respeito do livro L1, em seus trechos, caracteriza a importância para a compreensão das interações que ocorrem entre os diferentes átomos, abordando-as em um sentido mais teórico, com pouco uso de exemplificação, o que o diferencia do L4. Conforme os trechos presentes nas unidades L1U1 e L4U1, foi possível visualizar essas diferenciações entre os livros publicados no Brasil, como:

O estado dos corpos.

Assim como o equilibrio dos corpos no espaço deriva do concurso de duas forças oppostas — a *attracção* e a *repulsão*, assim na intimidade dos proprios corpos coexistem, como fórmas latentes da energia, duas forças intermoleculares — a *cohesão* e a *repulsão* a que se devem os tres estados physicos dos corpos : o estado *gazoso*, o *liquido* e o *solido*.
 Desde que se equilibrem a cohesão e a repulsão,

Figura 3: Unidade L1U1

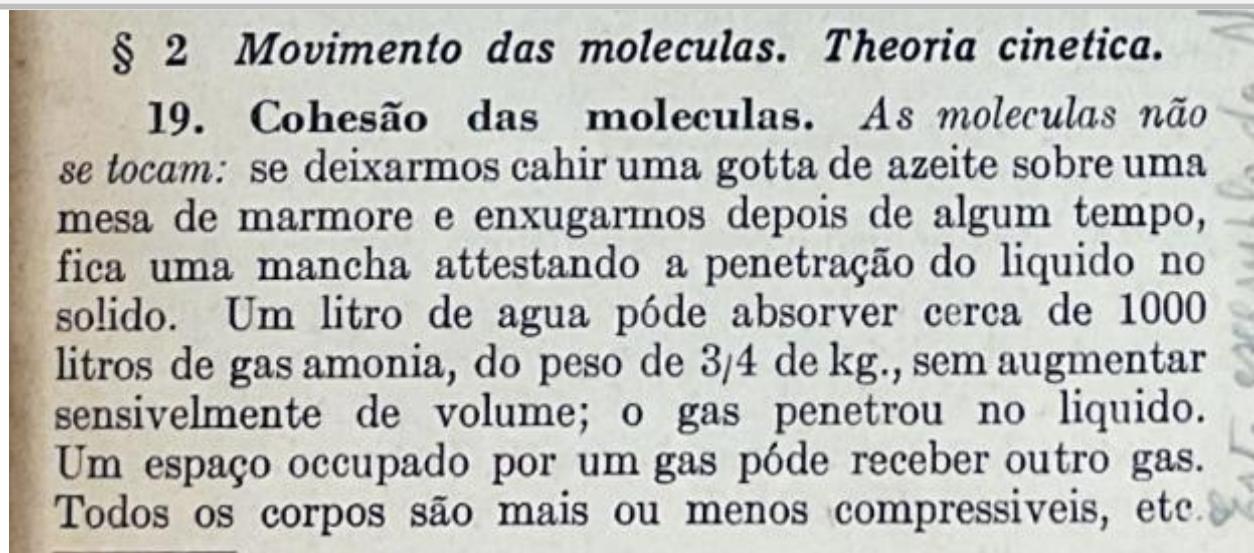


Figura 4: Unidade L4U1

Em relação ao L2, constatamos apenas duas unidades, onde na primeira há uma pequena frase que aborda a concepção sobre coesão (sem "h"), e na segunda unidade, utiliza-se dessa classificação introduzida no trecho anterior, com enfoque na manifestação da coesão em substâncias líquidas. Dessa forma, observa-se uma relação entre descrição e aplicação do conceito, similar aos outros livros, como evidenciado na unidade L2U1:

A coesão se manifesta particularmente nos líquidos quando se lhes subtraem tanto quanto possível as forças exteriores aos mesmos, porque quando operam somente os interiores, correspondentes a seus últimos elementos, torna-se patente a tendência dos referidos corpos para tomar a forma esférica. (L2U1)

Por fim, o L3 também contém poucas unidades que envolvem o termo “Cohesão” ou “Coesão”, apresentando somente três unidades. Apontamos que, assim como os outros livros, este também envolve um foco direcionado para a constituição dos corpos, seja por meio de uma descrição do conceito ou até uma relação com corpos. Além disso, novamente não há ao menos meia página que trate exclusivamente da concepção em relação ao conceito de coesão. Contudo, percebemos que a diferença desse livro para os demais é que ele contém uma ênfase maior nos estados físicos da matéria, como é descrito na unidade L3U2:

Os atomos unem-se uns aos outros por meio de uma força chamada *affinidade*, formando a molecule.

As moleculeas ligam-se entre si por intermedio de uma outra força denominada *cohesão*.

Affinidade é pois a força que une dous ou mais atomas para formar as moleculeas.

Cohesão é a força que une as moleculeas para formar o corpo. Além d'estas duas forças temos necessidade, para explicar os estados physicos dos corpos, de admittir uma terceira, a *força repulsiva ou de repulsão*, cuja origem é devida ao calor e que tem por effeito afastar as moleculeas umas das outras, porque é justamente do equilibrio ou desequilibrio entre a cohesão e a repulsão que resultam os estados dos corpos.

Figura 5: Unidade L3U2

Ao ver cada uma dessas unidades, percebemos que a semelhança está no enfoque da relação da Coesão/Cohesão com os estados físicos da matéria, cujas concepções estão direcionadas somente para explicar o comportamento de fenômenos. Nesse sentido, o conceito apresenta um enfoque sobre as Interações Intermoleculares em diferentes estados físicos, não descrevendo uma definição do conceito em si. Com relação a uma definição do conceito evidenciamos somente por uma frase ou no máximo um capítulo, como acontece no L4U4:

Natureza da cohesão: A cohesão é uma força *analogia*, mas não identica, á gravitação universal; como esta, é proporcional ás massas moleculares em presença, porém, não varia na razão inversa da segunda potencia, senão da quarta potencia das distancias; pôde ser representada pela fórmula:

$$f = K \frac{mm'}{d^4} = \frac{m^2}{d^4}$$

onde K, determinado pela experienca, equivale a 10^{11} .

O coefficiente K significa que se pudessemos collocar a 1 centimetro de distancia duas moleculeas da massa de 1 gramma (taes moleculeas não existem) attrahir-se-iam com uma força de 10^{11} grammas, sejam 100.000 toneladas, seria o valor do coefficiente K.

Este coefficiente

Figura 6: Unidade L4U4

Analisando esses trechos, percebemos que há uma diferenciação entre o livro publicado por uma editora brasileira e aquele publicado por uma editora europeia, que serão apresentados posteriormente. No caso, o L7 não contém um enfoque na definição do conceito de coesão, o que evidencia as diferenças no modo de abordagem da Química europeia. Dessa forma, os pesquisadores brasileiros optaram por uma maneira alternativa ao trazer a coesão para seus respectivos livros, tendo um foco em relações do conceito, assim como no conceito em si.

Ainda, apontamos que, no decorrer da análise, os autores consideram a coesão como uma propriedade relacionada com a atração e repulsão. Segundo autores¹⁵, não existem diferenças fundamentais entre forças de coesão e ligações químicas. Contudo, em relação às forças repulsivas, há um efeito oposto, no qual ocorrem suas diferenciações. Dessa forma, parte de uma discussão sobre os fenômenos que ocorrem no espaço discorre em relação às forças de coesão e repulsão, não tendo um capítulo para aprofundar nas ideias e argumentar de tal forma como sobre as interações entre os diferentes átomos e moléculas. Nesse sentido, ao evidenciar as representações das Interações Intermoleculares por meio da Coesão/Cohesão, para uma melhor compreensão da utilização desses termos, buscamos analisar a construção histórica das Ciências no Brasil. De acordo com Dantes¹⁶, essa construção foi desenvolvida de fato a partir da década de 1980, ganhando força nas políticas estatais. Dessa forma, estimulou-se a formação de estudiosos nesta área do conhecimento, e os cientistas passaram a se dedicar ao estudo da História da Ciência e seus conceitos.

Ainda de acordo com a pesquisadora, a Ciência brasileira era embasada nas formulações das grandes teorias da Europa, sendo passiva na produção científica, apenas “transmitindo” o conhecimento proposto pelos grandes centros, como as bibliotecas¹⁷. De acordo com Moreira e Massarani¹⁸ ao longo de todo o século XIX, foram criados cerca de sete mil periódicos no Brasil, dos quais trezentos estavam relacionados de alguma forma à ciência que era estudo na Europa. Em relação aos livros científicos, mais especificamente aos de Química, Mortimer¹⁹ aponta que, no período entre o século XIX e 1930, os livros de Química tinham um enfoque na química geral, sendo bastante estruturados. Ademais, Mortimer²⁰ ressalta que:

¹⁵ Zeegers-Huyskens, Therese, Huyskens, Pierre. *Intermolecular forces*, in *Intermolecular forces: An introduction to modern methods and results*. (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1991): 30, *Intermolecular Forces* | SpringerLink.

¹⁶ Dantes, Maria Amélia. “Introdução: uma história institucional das ciências no Brasil”. *Espaço da ciência no Brasil 1930 (1800): 13-22, Uma história institucional das ciências no Brasil: transformações na área da História da Ciência nas últimas décadas do século XX abriram novas possibilidades para a História Institucional da Ciência* (bvs.br).

¹⁷ Ibid.

¹⁸ Moreira, I. Castro, Massarani, Luisa. “Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil”. *Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil 1* (2002): 43-64.

¹⁹ Mortimer, Eduardo. “A evolução dos livros didáticos de química destinados ensino secundário”. *Em aberto 7* (1988): 1-17, *evolucaodoslivros-libre.pdf* (d1wqxts1xzle7.cloudfront.net).

²⁰ Ibid.

As principais definições aparecem em meio a uma gama variada de exemplos, em textos muito bem encadeados. Não há uma preocupação em conceituar para depois exemplificar. Em geral o livro discute exemplos de determinados fenômenos que vão conduzir, naturalmente, a um conceito. Dessa maneira, os exemplos são discutidos e explicados antes de serem generalizados em conceitos, e quase todos os estes são apresentados, em primeiro lugar, operacionalmente. Depois de introduzidas as teorias, são retomados por meio de definições conceituais.

Mori e Curvelo²¹ enfatizam que os livros da época eram traduções e adaptações de obras europeias, principalmente influenciados por autores franceses. Aos poucos, passaram a ser produzidos livros escritos por brasileiros e publicados por editoras como a Imprensa Nacional e a Francisco Alves, sempre em língua portuguesa. No entanto, alguns livros continham uma mistura de idiomas, sendo traduções incompletas, e muitos termos químicos ainda eram descritos na língua original.

Em relação aos termos Cohesão e Forças de van der Waals, como dito anteriormente, esses termos remetem ao comportamento e à Interação Intermolecular. O termo Cohesão possui um significado mais abrangente e surgiu antes, sendo previsto em 1806 por Laplace, que relacionou as forças de coesão para explicar os fenômenos de capilaridade²².

Como mencionamos acima, os livros publicados e traduzidos no Brasil que analisamos nesta pesquisa utilizam os termos Coesão/Cohesão, visto que suas publicações ocorreram entre 1900 e 1915. Esse termo teve uma maior repercussão, pois foi estudado no início do século XIX. Por outro lado, as Forças de van der Waals foram discutidas em 1873, o que indica que na Europa o termo estava começando a ser introduzido em livros. Sendo a Europa a região central das Ciências, somente quando esse termo fosse amplamente aceito e consolidado começaria a se difundir e aparecer em obras publicadas em outras regiões. Por isso, o uso do termo Coesão/Cohesão era mais comum, pois já estava fixado e discutido pelos europeus.

PERCURSOS DAS INTERAÇÕES INTERMOLECULARES NA EUROPA

Para evidenciar os conceitos de Interação Intermolecular nos livros históricos analisados, observamos que, conforme discutido anteriormente, esse tópico estava diretamente associado às noções de Coesão/Cohesão. Desse modo, em obras de séculos passados, quando os estudos sobre interações moleculares ainda não haviam sido aprofundados, alguns autores empregavam o termo Coesão/Cohesão

²¹ Mori, R. Cava, Curvelo, A. Aprígio. "O que sabemos sobre os primeiros livros didáticos brasileiros para o ensino de química". *Química nova* 37 (2014): 919-926, <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140148>.

²² Zeegers-Huyskens, Therese, Huyskens, Pierre. Intermolecular forces, in Intermolecular forces: An introduction to modern methods and results. (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1991): 30, Intermolecular Forces | SpringerLink.

para descrever concepções e classificações que, atualmente, são compreendidas como Interações Intermoleculares. De acordo com Zeegers-Huyskens e Huyskens²³

As forças de atração que estão na origem desta coesão são chamadas de forças “van der Waals”. Eles são mais fortes em líquidos ou sólidos devido às distâncias mais curtas entre os núcleos. Pode-se assim definir as forças de van der Waals como atrações coesivas entre moléculas que já estão ativas em longas interdistâncias entre átomos. Além das forças de van der Waals existem forças de coesão que atuam a curtas distâncias, nomeadamente as ligações de hidrogénio e as ligações de transferência de carga (EDA). Estas forças de curto alcance também são chamadas de forças de coesão “específicas” porque requerem o contato entre determinados locais específicos das moléculas dos parceiros.

Diante disso, os autores do L5 utilizam as concepções de Coesão, seja os conceitos, definições ou classificações, para descrever os comportamentos, propriedades e, principalmente, a formação dos corpos (moléculas). Entretanto, não há um capítulo específico no livro para descrever apenas os conceitos de Coesão/Cohesão (Interação Intermolecular). O autor comprehende que este tema serve como uma ferramenta para evidenciar as características dos corpos e justificar, por meio dos conceitos de coesão, a constituição dos corpos. Além disso, o termo está contido em apenas quatro unidades desse livro. Para o autor, a Coesão/Cohesão possibilita compreender as interações coulômbica entre partículas carregadas, elétrons e núcleos presentes nos corpos²⁴. Entendemos que o autor considera a Coesão/Cohesão uma ferramenta para discutir as diferenças quando predominam interações entre cargas de sinais diferentes, resultando na atração dos corpos. Para evidenciar esses dados, abaixo apresentamos os trechos em que identificamos as concepções de Coesão, que servem para caracterizar e justificar, por meio dos conceitos de coesão, a constituição dos corpos.

Força de agregação ou coesão - A força que reúne moléculas semelhantes de um corpo simples ou composto é chamada de força de agregação ou coesão. Esta força é muito forte em corpos sólidos; é quase insensível em corpos líquidos e completamente nulo em fluidos elásticos. Neste último, as partículas presentes apenas pelas pressões que são exercidas nas paredes do invólucro que contém o fluido (L5U1).

O L5, publicado em 1851, de onde retiramos o trecho anterior, ainda não apresentava uma proposição conceitual tão esclarecida sobre as interações intermoleculares. Isso é comprehensível, pois as ideias que mais tarde ficariam conhecidas como Forças de van der Waals — e que fundamentariam uma nova compreensão da coesão entre moléculas — ainda não haviam sido formuladas. Essas ideias seriam

²³ Zeegers-Huyskens, Therese, Huyskens, Pierre. Intermolecular forces, in Intermolecular forces: An introduction to modern methods and results. (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1991): 30, Intermolecular Forces | SpringerLink.

²⁴ Ibid.

posteriormente desenvolvidas e amplamente discutidas em obras como L6 e L7. Nessas últimas, já se observam concepções mais elaboradas a respeito da coesão molecular²⁵. Isso fica evidente nas unidades L6U2 e L7U24:

Assim, as moléculas estão presentes, como acontece com os haluros de hidrogênio, colocados em momentos dipolares. Como esperamos, a magnitude digital do momento dipolar aumenta, bem como aumenta a eletronegatividade do halogênio nesta série (de $0,4 \times 10^{-18}$ para IH a $1,9 \times 10^{-18}$ para FH). Por outro lado, a molécula de dióxido de carbono se coloca em um momento dipolar zero, pesando que o carbono e o oxigênio diferem tão marcadamente em suas eletronegatividades (pág. 146). Como toda conexão C - O deve ser definida em um momento dipolar, a conclusão que se deduz é que os átomos devem se encontrar em linha reta (OCO), porque os dipolos individuais são neutralizados entre si. Pelo contrário, a água apresenta um momento dipolar de ordem de $1,71$ a $1,97 \times 10^{-18}$ Cm, o que indica que a molécula deve ter simetria angular. Os métodos experimentais são mostrados a seguir, no ângulo HOH de $104^\circ 40'$. Como a carga negativa está localizada no oxigênio e no hidrogênio positivo, o dipolo aparece após o resultado, conforme mostrado no diagrama (L6U2).

As forças de van der Waals ou, melhor ainda, as interações dipolo e os fenômenos de coordenação condicionam principalmente as propriedades termoelásticas dos fluidos; os dois últimos fatores frequentemente se relacionam qualitativamente entre si, mas as interações dipolares por si só se prestam a cálculos numéricos explícitos (L7U24).

Os livros aprofundam os conceitos relacionados a esse tema, destacando sua importância para a compreensão das interações entre os átomos dos diferentes elementos. Destacamos que há uma preocupação maior com o conceito em si, com os autores apresentando definições mais completas e detalhadas. Em vez de se concentrar apenas no comportamento das moléculas, eles passam a oferecer definições que permitem classificar os comportamentos das Interações Intermoleculares entre diferentes átomos.

Em relação a L6 e L7, suas publicações ocorreram em meados de 1950. Analisando os capítulos dos livros seus enfoques estão em descrever os princípios da Química, como também, descrever os elementos químicos, no caso os autores visam abordar a constituição dos átomos, suas interações, além das propriedades de cada elemento. Isto, por via da explicação das estruturas atômicas, valência e ligações químicas, ácidos e bases e atrações eletrostáticas, todos esses assuntos servem para a explicação da formação dos átomos e seus comportamentos por si só, bem como, interagindo com outros átomos. Por ser um livro de 1952 e 1956, a terminologia mais conhecida é sobre as Forças de van der Waals. Diante disso, evidenciamos comparações com o livro publicado no século XIX, em que a primeira evidência está na

²⁵ Ibid.

maneira que esse tópico está presente no livro. Enquanto no L4 há somente uma unidade que há a presença da Cohesão, o L6 contém 17 unidades e L7 15 unidades que de algum modo, estão relacionadas às concepções de Cohesão, isso pode estar direcionado aos anos de publicações.

Com base no entendimento histórico dessas concepções, L6 e L7 utilizam os conceitos de Interações Intermoleculares de duas maneiras principais: primeiro, descrevem o conceito em si das interações, e segundo, explicam as particularidades e comportamentos das moléculas com base nos conceitos definidos em seus trechos. Dada a abrangência e os detalhes que as Forças de van der Waals permitem evidenciar em moléculas e substâncias, os livros do século XX começaram a adotar esse termo. Para ilustrar esses argumentos, a seguir destacamos trechos em que são descritos os conceitos de Interações Intermoleculares, com algumas unidades retiradas de cada livro:

Você pode distinguir um certo número de atrações eletrostáticas que são ainda mais excitadas do que aquelas que se apresentam em componentes iônicos típicos. Essas ações estão sujeitas a dipolos. Um dipolo químico é produzido entre átomos quando há uma distribuição precisa de carga na molécula. Esta distribuição pode se apresentar em uma molécula diatômica como consequência de diferenças entre as eletronegatividades de ambos os átomos, ou em uma molécula poliatômica angular quando se apresenta em diferenças analógicas. Entrar em um dipolo é uma substância que não é iônica, em que um extremo representa uma carga positiva ou negativa em relação ao outro. A magnitude deste produto da carga é expressa em função do momento dipolar (μ), dos dipolares têm magnitudes da ordem de 10-18 unidades eletrostáticas (1×10^{-18} ues = 1 Debye ó 1 D) (L6U1).

A formação de uma rede cristalina põe em jogo forças relativamente intensas que garantem a sua conservação e rigidez, apesar da agitação térmica dos seus elementos constituintes, até ao momento em que a amplitude e os seus alongamentos, aumentados pela elevação da temperatura, impossibilitam a manutenção da simetria restrita do sistema e resulta, por meio da fusão, no estado líquido geralmente isotrópico. As forças atrativas e repulsivas entre possíveis íons, que obedecem às leis de Coulomb, as forças atrativas de van der Waals entre átomos ou grupos de átomos, finalmente as forças repulsivas de átomos em distâncias curtas (L7U1).

Assim, observamos que os livros (L6 e L7) publicados mais recentemente começam a descrever os cientistas que investigaram esses conceitos. Em relação ao L6, este livro apenas menciona aspectos das Ligações de Hidrogênio, citando referências como Latimer e Rodenbusch, que foram os primeiros a reconhecer a frequência das Ligações de Hidrogênio. No entanto, para outros tipos de interação, não há menção de cientistas específicos; suas concepções estão, na verdade, entrelaçadas com as definições propostas por van der Waals, como pode ser visto nas unidades L6U10.

Entretanto, o L7 destaca principalmente van der Waals como referência, e enfatiza que Pascal (1911) pode ter sido o primeiro a introduzir o conceito de "Ligaçāo de Hidrogēnio" associado a uma ligação múltipla delineada, conforme evidenciado nos trechos das unidades L7U24 e L7U15:

Os primeiros a reconhecer que as ligações de hidrogēnio ocorrem frequentemente foram provavelmente Latimer e Roderbush, embora alguns anos antes a sua existência entre azoto e oxigénio no hidróxido de trimelamónio tivesse sido postulada e tivesse sido usada para explicar a diminuição das propriedades ácidas dos hidrogēnios fenólicos localizados no posição orto em relação ao grupo carbonila em derivados de benzeno. Latimer e Rodebush usaram este conceito para explicar a associação molecular na água e no fluoreto de hidrogēnio líquido, a existência de altas constantes dielétricas nessas substâncias, a fraca ionização da amônia em solução aquosa e a associação do ácido acético em moléculas de dímero. Desde então, um grande número de exemplos de ligações de hidrogēnio foram descobertos. (L6U10).

Pascal (1911) foi talvez o primeiro autor a recorrer à noção de - ligação de hidrogēnio - associada a uma ligação múltipla delineada, para explicar o défice diamagnético de certos carbonetos de halogéneo. A energia molecular da ligação de hidrogēnio é sempre baixa. (L7U15).

Portanto, ao destacar van der Waals e Pascal, sublinha um avanço significativo na história da química. van der Waals é reconhecido por suas contribuições pioneiras ao conceito de Interações Intermoleculares, enquanto Pascal, em 1911, foi um dos primeiros a introduzir a noção de "Ligaçāo de Hidrogēnio" associada a ligações múltiplas, contribuindo para a explicação de fenômenos como o déficit diamagnético em certos carbonetos de halogēnio. Também menciona que Latimer e Rodebush foram fundamentais na identificação das Ligações de Hidrogēnio, aplicando o conceito para explicar vários fenômenos químicos, como a associação molecular em água e fluoreto de hidrogēnio e a formação de dímeros no ácido acético. A menção a Latimer e Rodebush destaca a importância de suas pesquisas na identificação e compreensão das Ligações de Hidrogēnio, enquanto a referência a Pascal ilustra como o conceito foi evoluindo e se aprofundando. A comparação entre as contribuições de diferentes cientistas reflete o progresso contínuo na Química e a crescente complexidade dos conceitos explicativos.

CONSIDERAÇĀOES FINAIS

Diante do exposto, ao analisarmos as categorias "A Discussāo das Interações Intermoleculares no Brasil" e "Percursos das Interações Intermoleculares na Europa", pensamos ser possível evidenciar importantes semelhanças e diferenças na construção da compreensão científica sobre as Interações Intermoleculares. Nos livros brasileiros do século XIX, observamos uma adaptação e assimilação dos conceitos europeus, refletindo a influência contínua da ciência da Europa no desenvolvimento científico

nacional. Embora os conceitos como coesão estivessem presentes, evidenciamos que a possível forma que ocorria abordagem, era de uma maneira mais prática e menos detalhada, tendo indícios de uma dependência significativa das inovações europeias.

Em contraste, a literatura europeia demonstrou um progresso substancial na definição e compreensão das Interações Intermoleculares. A introdução e o aprofundamento das Forças de van der Waals, bem como o reconhecimento das contribuições de cientistas como van der Waals, Latimer, Rodebush e Pascal, destacam a importância e relevância que os conceitos de Interações Intermoleculares começaram a apresentar para a Ciência. As diferenças entre os enfoques europeu e brasileiro ilustram não apenas a mudança na teoria científica, mas também a mudança e autonomia da Ciência no Brasil em relação à influência europeia.

Ainda, ao analisar os livros de Química do século XIX até a década de 1930, observamos que os textos de L1 a L6 focam principalmente nas constituições corpos e interações entre as moléculas, a qual por meio de diversos conceitos como Coesão/Cohesão (Interações Intermoleculares) busca esclarecer as diferentes estruturas dos corpos. Mediante a isto, esses livros que contêm elementos menos comuns nos textos modernos são exemplares e úteis para evidenciar as características dos corpos e justificar sua constituição através dos conceitos de Coesão/Cohesão.

A pesquisa realizada contribui significativamente para conectar os conceitos de Interação Intermolecular contemporâneos com as descrições dos séculos anteriores. Ao examinar os trechos que abordam essas interações, notamos algumas diferenças em relação às definições atuais, como a ênfase nas discussões sobre o comportamento e as relações entre os corpos. Como consideração final, evidenciamos que, ao longo dos anos, os conceitos de Interação Intermolecular mudou para um enfoque mais aprofundado nas definições e teorias que explicam o comportamento das moléculas.

SOBRE OS AUTORES:

Michael Costa da Rosa
Universidade Federal de Pelotas
michaeldarosa24@gmail.com

Fernanda Karolaine Dutra da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
fernandadutraa5@gmail.com

Vitória Schiavon da Silva
Universidade Federal de Pelotas
vitoriaschiavondasilva@gmail.com

Bruno dos Santos Pastoriza
Universidade Federal de Pelotas

bspastoriza@gmail.com

Alessandro Cury Soares
Universidade Federal de Pelotas
alessandro.soares@ufpel.edu.br

Artigo recebido em 14 de maio de 2025
Aceito para publicação em 30 de junho de 2025



Todo conteúdo desta revista está licenciado em Creative Commons CC By 4.0.