

**Artigo****UMA ANÁLISE COMPARATIVA DOS CONCEITOS DE INTERAÇÕES INTERMOLECULARES NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO****Jorge Barbosa Nunes****Robson Roney Bernardo****Resumo**

Este artigo propõe uma discussão sobre as definições e o processo de compreensão das interações intermoleculares ao nível de Ensino Médio visando fornecer uma revisão comparativa conceitual. O referencial teórico baseia-se no conteúdo de duas conhecidas obras de Química adotadas em cursos de graduação. Para a composição dos dados investigativos, três livros didáticos de nível médio foram selecionados através da análise detalhada dos conceitos trabalhados pelos autores, destacando-se a proximidade dos textos para o público ao qual se destinam. Empregou-se a comparação e fundamentação conceitual da classificação dos tipos de forças intermoleculares, suas aplicações e os possíveis conflitos que os textos apresentam na descrição desses fenômenos. Com a análise qualitativa das definições e da base de informações retiradas a partir desse estudo, elaborou-se um material de consulta, reflexão e apoio para os docentes de Química do nível médio.

**Palavras-Chave:** ensino de química, forças intermoleculares, ensino médio**Introdução**

Um dos conteúdos comuns aos livros didáticos de Química para o Ensino Médio é o estudo das interações intermoleculares. Independente da organização curricular recomendada pelas autoridades estaduais de Educação, a abordagem do assunto é salutar, pois contribui para a compreensão de fenômenos intrínsecos às substâncias bem como conceitos. Na verdade, o conhecimento das interações intermoleculares vai auxiliar no entendimento de diversos fenômenos físico-químicos e propriedades como solubilidade,

ponto de fusão e ebulição entre outras. Observando um currículo da área de química e afins, o tema pode ser considerado transversal, pois é um dos fundamentos na formação profissional da área como docente tanto na área básica como superior ou ainda em outras áreas como indústria, petróleo e ainda em pesquisas acadêmicas (JUNQUEIRA, 2017). O tema em questão é apresentado basicamente em todo ensino, começando na educação básica, mas sem muito aprofundamento. No ensino médio são apresentadas as interações intermoleculares dipolo-dipolo, dipolo induzido e ligações de hidrogênio (JUNQUEIRA, 2017; FONSECA, 2013). Posteriormente este tema é associado às relações de compostos orgânicos com suas propriedades físico-química como a variação de temperaturas de ebulição de álcoois com cadeias carbônicas diferentes (JUNQUEIRA, 2017; ANTUNES, 2013). Podemos aplicar esta temática em várias aulas práticas no ensino médio, técnico e na universidade como, por exemplo, as destilações simples e fracionadas como uso de solventes com volatilidades diferentes, utilizados em diferentes pontos de ebulição (PAIVA, et al., 1999). Outro exemplo interessante é aplicação das forças moleculares em testes de solubilidade em amostras desconhecidas utilizando diversos solventes como ácidos (HCl 5%), bases (NaOH 5%), bicarbonato ( $\text{NaHCO}_3$  5%), água e discutir, por exemplo, conceitos de ácidos-bases e ainda grupos funcionais, o que torna um tema bem rico e aplicado para diversas áreas de química. E com isso, pode ser melhorado o entendimento e a importância da temática (PAIVA, et al., 1999).

Nos sólidos de natureza iônica são as forças eletrostáticas que mantêm unidos os cátions e ânions devido à forte atração entre essas cargas de sinais opostos. No entanto, nos compostos sejam sólidos, líquidos ou gasosos de origem moleculares são as interações que ocorrem entre essas moléculas que são definidas como interações intermoleculares. Apesar de constituírem forças de atração de menor intensidade do que as dos iônicos, essas interações definem propriedades importantes dos compostos moleculares para a compreensão dos fenômenos relacionados a sua solubilidade em diversos solventes. Também se relacionam com as propriedades termodinâmicas, como o ponto de ebulição e de fusão, além da energia envolvida nas mudanças de estado. O estudo das forças intermoleculares define propriedades importantes dos compostos bioquímicos, como nas bases nitrogenadas (KOTZ et al., 2009) ou ainda em processos de hidratação importantes na solvatação na qual os íons são estabilizados devido às forças eletrostáticas íon-dipolo que podem ser aplicados em processos industriais ou até mesmo na solubilidade de um fármaco no trato gastrointestinal (THOMAS, 2003).

Nos compostos de ligações covalentes, os átomos ligantes estruturantes estão no interior desses compostos, sendo essas interações intramoleculares de natureza mais intensa. Diferentemente, as interações intermoleculares são externas à molécula sendo mais fracas se comparadas às ligações covalentes ou às iônicas (SANTOS, 2016). Estima-se que a energia relacionada às interações entre as moléculas esteja em torno de 85% menor do que a que constitui as ligações covalentes (KOTZ et al., 2009).

Apesar de inúmeras aplicações dos conceitos, o estudo teórico das interações intermoleculares, pertence a um campo de abstração da Química. No primeiro contato com

um conteúdo desconhecido, o processo de formulação conceitual é fundamental para a compreensão do todo. Cabe ao professor interferir e manter as definições dentro daquilo que considera como adequado, baseando-se em sólidas fundamentações científicas. Assim, um tratamento superficial pode agregar ao conteúdo adjetivos que não lhes pertencem, desde suas nomenclaturas, definições ou aplicações. Para Vigotski (2000) a elaboração do conceito ou a apropriação do sentido utilizando a palavra é um processo complexo e intenso, exigindo habilidades intelectuais que as desenvolvam. O conceito surge a partir do momento em que se abstrai do concreto determinados atributos, redesenhando uma nova base através da elaboração inicial com uma premissa. O processo da significação do conceito verdadeiro é dependente da inserção da palavra. Assim, busca-se uma validação da definição e dos lançamentos dos termos nos livros didáticos de Química. Bachelard (1996) critica a generalização dos conceitos devido a sua capacidade de imobilizar o pensamento. É a partir das provocações que emergem os questionamentos mais produtivos e interessantes dos problemas atuais.

### **O ensino-aprendizagem das interações intermoleculares**

A elaboração dos conceitos das interações intermoleculares se apropria de importantes pré-requisitos que são discutidos pelos livros didáticos desde Propriedades Periódicas, Ligações Químicas, Geometria Molecular e da definição de polaridade. Estabelecer essas conexões oferecem fundamentos essenciais para a compreensão dos conteúdos. Segundo Piaget (1974), a aprendizagem depende das interações e do equilíbrio entre assimilação e acomodação, concebendo-se que essa última provém da diversidade crescente dos conteúdos, ou seja, uma adaptação do novo conhecimento às estruturas cognitivas já definidas. Assim, espera-se um constante avanço na definição conceitual sem extrapolar o processo de equilíbrio gerado quando um indivíduo tem o seu cognitivo perturbado por um conflito ou uma lacuna. Boas estratégias de ensino têm os seus objetivos centrados no uso correto das definições, dessa forma facilitando o processo de cognição na articulação entre o conhecido e o novo. As inserções de situações-problema contribuem com a dinâmica, mas cabe ao professor adequar os termos mais apropriados na consolidação do conhecimento.

Nas escolas brasileiras, um recurso comum para as aulas é o uso do livro didático. Um vasto número de obras trabalha com metodologias similares, mas apresentam definições com discussões mais articuladas ou menos elaboradas, o que pode gerar erros conceituais. Diversos estudos apontam problemas com as definições conceituais no ensino de Química: um descompromisso em elucidar questões importantes para a compreensão das condições da existência dos fenômenos, além de suas aplicações nos diversos processos naturais ou tecnológicos (AMARAL, 2016).

Uma questão importante, pois, a regulamentação do Livro didático, Decreto lei nº 9099 de 18 de Julho de 2017 (Brasil 2017), deve considerar aspectos teóricos e metodológicos da ciência de forma que o docente esteja com seu trabalho orientado à constituição de habilidades que permitam compreender as ciências não como uma

associação de conjuntos e conhecimentos isolados, mas sim, na ruptura na elaboração de construção e ideias mais complexas e abrangentes (MIRANDA, PAZINATO, BRAIBANTE, 2019). Entretanto, muitas pesquisas relacionadas ao tema indicam que os livros didáticos apresentam várias distorções relacionadas sobre o conhecimento de ciências, muitas vezes, desenvolvendo conteúdo químico de caráter empirista, o que poderá acarretar um tratamento mais neutro, isolado e linear (MIRANDA, PAZINATO, BRAIBANTE, 2019; NIAZ, 1994; MARTORANO, 2007; CACHAPUZ & CAMPOS, 1997). O livro didático tem uma grande importância no processo de aprendizagem dos alunos, pois auxilia o docente nas práticas pedagógicas. No entanto, muitas vezes, por ser a única ferramenta de conhecimento científico disponível, poderá influenciar de forma significativa nos conceitos transmitidos sobre ciência (MIRANDA, PAZINATO, BRAIBANTE, 2019; CACHAPUZ & CAMPOS, 1997).

A crítica ao livro didático não pode ser o único viés para sua análise estrutural e conceitual. É necessário coletar informações e as adequar para o nível dos alunos. Uma análise desse distanciamento conceitual e da dificuldade de uniformizar definições é a problemática desse estudo.

O conteúdo das Forças Intermoleculares está associado a uma sequência prévia conceitual constituída como fundamento para haver conexões com a abstração exigida pelo tema. Os livros didáticos de Química seguem etapas dessa elaboração conceitual. Nas unidades iniciais, os fenômenos são apresentados a partir da compreensão do concreto para o mundo microscópico da matéria. Nessa etapa, para minimizar o nível de abstração é comum o uso de analogias facilitando a associação entre o domínio-alvo e o conhecido, chamado de análogo.

O uso das analogias pode ser um meio facilitador para a comunicação humana (HARRISON, TREAGUST, 1993). A inserção da analogia como ferramenta que minimize a abstração é observada, por exemplo, nos capítulos que descrevem os Modelos Atômicos, ocorrendo em temas mais complexos ou ditos mais difíceis (DUIT, 1991). Mortimer e Miranda (1995), relatam que numa avaliação do conhecimento dos alunos sobre os processos e transformações químicas, por não priorizar o estudo dos fenômenos, a origem das dificuldades de compreensão pode estar na forma de intervenção dos professores nos livros didáticos. O uso das analogias por muitas vezes é questionado por Bachelard (1996), afirmando que uma ciência compreendida por tal emprego perde o foco, tornando-se vítima das metáforas elaboradas. Para uma construção conceitual adequada é necessário o planejamento dessas analogias pelo professor, o que pode se distanciar quando o uso do livro didático é diário ou limitado.

## **Procedimentos Metodológicos**

Para a realização do estudo foram consideradas três obras de Química do Ensino Médio referentes ao primeiro ano do curso. A seleção dos livros didáticos baseou-se na escolha aleatória de uma obra com lançamento em 2018, em atual comercialização nacional. O segundo título foi aleatoriamente escolhido a partir do Programa Nacional do

Livro Didático de 2018, com uso previsto até 2021. Atendendo a milhões de alunos da Educação Básica, o programa direciona à aquisição e à distribuição, tendo contemplado os livros de Química a partir do ano de 2007 (BRASIL, 2020). A terceira obra selecionada foi a última edição de um dos autores brasileiros mais editados em Química de nível médio das últimas cinco décadas. É importante destacar que todas as obras se referem a livros publicados para a 1.<sup>a</sup> série, isto é, volume um, excluindo-se obras de volumes únicos, mesmo que sejam dos mesmos autores. O motivo do procedimento está numa comparação entre obras que sejam mais completas, já que os livros de volume único elaborados para todo o Ensino Médio, optam por um texto mais compacto. O quadro 1 apresenta os títulos selecionados.

**Quadro 1** – Livros didáticos de Química do Ensino Médio

Livro Didático de Química (LDQ)	Autores	Editadora	Edição	Ano
Química 1: conecte <i>live</i> (LDQ 1)	João Usberco Edgard Salvador Philippe Spitaleri	Saraiva	3 ed.	2018
Química Cidadã: volume 1 (LDQ 2)	Wilson Luiz Pereira dos Santos <i>et al.</i>	AJS	3 ed.	2016
Química: volume 1 (LDQ 3)	Ricardo Feltre	Moderna	7 ed.	2008

A partir da revisão das seções que tratam sobre as Forças Intermoleculares, foram identificadas as categorias de interações descritas em cada obra analisada. Buscando-se a definição desses conceitos, dos exemplos trabalhados e de toda construção lógica do conteúdo, comparou-se com dois livros de referência em Química Geral do nível superior adotados por diversas graduações. Esses livros estão descritos no quadro 2.

**Quadro 2** – Livros de Química do Nível Superior

Livro de Química do Nível Superior (LQS)	Autores	Editadora	Edição	Ano
Química Geral e Reações Químicas: volume 1 (LQS 1)	John C. Kotz Paul M. Treichel Gabriela C. Weaver	Cengage Learning	6 ed.	2009
Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente (LQS 2)	Peter Atkins Loretta Jones	Bookman		2002

A metodologia baseia-se no levantamento das definições sobre as interações intermoleculares nas cinco obras e na comparação desses conceitos entre os livros didáticos do nível médio e superior. Para a análise dos resultados optou-se pela representação em forma de quadro, que demonstrará os pontos de concordância ou de afastamento na elaboração e aplicação das definições.

O LDQ 1 \_ Conecte Live introduz suas definições através da análise entre os estados físicos e as interações presentes entre as substâncias. Através da organização bem ordenada do estado sólido, afirma que suas interações são fortes, constituindo um retículo cristalino. Conforme a liberdade de movimento aumenta, as interações entre as moléculas tornam-se mais fracas favorecendo a volatilização. As forças de Van der Waals são usadas como sinônimo de forças intermoleculares, destacando que as Dispersões ou Forças de London são as únicas interações entre as moléculas apolares e nos Gases Nobres, mais comuns entre todos os tipos de moléculas (USBERCO; SALVADOR, 2018). A obra usa a nomenclatura dipolo induzido-dipolo induzido, explicando que o movimento dos elétrons provoca alterações temporárias nas nuvens eletrônicas e assim, formam dipolos instantâneos.

As interações entre as moléculas polares são denominadas como dipolo-dipolo ou dipolo permanente-dipolo permanente. O LDQ 1 afirma que essas interações ocorrem devido à atração entre os dipolos opostos. Uma particularidade das interações entre moléculas polares é a ligação de hidrogênio, tipo mais intenso de interação dipolo-dipolo em que o hidrogênio interage com o par de elétrons isolados dos átomos de flúor, oxigênio ou nitrogênio. Essas interações ocorrem entre moléculas iguais ou diferentes que atendam a essas condições.

Na interação íon-dipolo, o LDQ 1 destaca que através da interação entre as cargas opostas dos íons e os polos do solvente polar, como a água, resulta numa força de maior intensidade do que as anteriores apresentadas. Para exemplificar, cita o fenômeno de tensão superficial dos líquidos relacionando-o às ligações de hidrogênio e explica a formação de gel pelas interações do tipo íon-dipolo que ocorrem com as fraldas descartáveis ao reterem a urina (USBERCO; SALVADOR, 2018).

O LDQ 2 \_ Química Cidadã trata as forças intermoleculares como interações externas entre as moléculas, sendo importantes para definirem propriedades como solubilidade e o ponto de ebulição, porém mais fracas que as ligações iônicas e covalentes. Os autores afirmam que todas as interações intermoleculares são conhecidas por Interações de Van der Waals.

Para as interações entre as moléculas apolares, pode-se afirmar exclusivamente a presença das Forças de London, mas destacam que são comuns a todas as moléculas. Existe um descuido no tratamento dessas interações como dipolo-dipolo induzido utilizando como sinônimo para Forças de London, mas destacam que são comuns a todas as moléculas. Há ainda interações de dipolo permanente (dipolo) — dipolo induzido, comum às interações entre moléculas polares e apolares, as quais são mencionadas pelos autores na

mesma seção. Essas interações justificam a solubilidade de um composto polar num apolar, contrariando à regra de solubilidade entre semelhantes. Mesmo que o objetivo não seja criar conflitos com a definição conceitual, o adequado seria nomear as interações entre moléculas apolares como dipolo induzido-dipolo induzido. Para justificar a existência das Forças de London, o LDQ 2 detalha a formação dos dipolos induzidos a partir da aproximação entre as moléculas, o que torna as camadas eletrônicas influenciadas pelos núcleos dos átomos das camadas vizinhas. Com a nova redistribuição de cargas, ocorre uma atração molecular devido à deficiência ou acúmulo de elétrons (SANTOS, 2016). Para as interações dipolo-dipolo que ocorrem entre moléculas polares devido à atração eletrostática entre os dipolos opostos, o LDQ 2 ressalta tal como o LDQ 1 que as ligações de hidrogênio são as forças de maior intensidade do tipo dipolo-dipolo, devido à forte interação entre o hidrogênio e o par de elétrons isolado dos átomos de flúor, oxigênio ou nitrogênio.

Para as interações entre moléculas apolares, o LDQ 3 denomina como Forças de London, dipolo instantâneo-dipolo induzido ou ainda como Forças de Van der Waals. Afirma que são interações fracas explicando que num determinado momento, o movimento eletrônico gera um acúmulo de cargas numa extremidade, tornando a molécula momentaneamente polarizada. Será através da indução elétrica que a molécula provocará a polarização da molécula vizinha. Apesar da discussão ser similar aos demais LDQ's, ela é mais robusta quando se refere ao efeito de polarização. Na obra do LDQ 3 há o emprego da nomenclatura Forças de Van der Waals como sinônimo de Forças de London o que pode atrapalhar na definição dos conceitos para os iniciantes do curso de Química. As Forças de Van der Waals são todas as interações intermoleculares apresentadas pelo próprio LDQ 3, já as de London explicam as interações que agem entre as moléculas apolares e que compartilham somente desse tipo de força. As Forças de London também estão presentes em moléculas polares, apesar do autor não se referir ao fato. Exemplificando os conceitos das forças intermoleculares, a obra destaca a importância na constituição de moléculas essenciais à vida humana; como proteínas e ácidos nucleicos, além de mencionar o fenômeno de tensão superficial dos líquidos com insetos que se deslocam sobre água (FELTRE, 2008). Cita-se a viscosidade de óleos, graxas e colas como também o deslocamento das lagartixas nas paredes.

Apesar das diferentes formas de tratamento do tema discutido pelos autores do ensino médio de Química, observam-se determinadas orientações conceituais semelhantes, que destoam daquilo que são concebidas por autores do nível superior. No LQS 1 – Química Geral e Reações Químicas, a obra relaciona as forças intermoleculares com as mudanças de estado físico e na explicação para a solubilidade de uma molécula em vários solventes diferentes. Uma revisão com os compostos iônicos explora a questão das forças eletrostáticas e a polaridade dessas substâncias devido à diferença de eletronegatividade dos átomos que as constituem. Os livros de Ensino Médio analisados, mostraram ausência na discussão sobre as interações entre os íons e entre íons e moléculas. O fato causa certa limitação e mostra que depende do professor relacionar tais questões, já que a existência

da força íon-íon explica uma série de propriedades importantes dos compostos iônicos, sendo citada no Exame Nacional do Ensino Médio.

Entre moléculas polares e íons é discutida a força íon-dipolo que segundo o LQS 1 tem o seu dipolo permanente formado através da distribuição eletrônica de uma ligação e a respectiva interação entre cargas opostas dos íons provenientes do composto iônico. A intensidade dessa força depende da distância entre os íons e o dipolo formado além da carga do íon, e da magnitude do dipolo, explicando a formação dos íons hidratados (KOTZ et al., 2009). Observa-se a preocupação em detalhar os fatores responsáveis pela formação dessa interação. Ressalta-se que a obra do LDQ 1 é o único dos três livros analisados que apresenta essa interação.

Para as forças atuantes entre moléculas polares, LQS 1 define a nomenclatura como interações entre dipolos permanentes. O texto é bastante similar do que se encontra nos livros analisados do Ensino Médio: ocorre entre os dipolos formados entre as moléculas devido à atração entre cargas opostas. Destaca-se que quanto maior for a atração, maior será a energia para separar essas moléculas, influenciando diretamente no ponto de ebulição.

Na discussão da ocorrência das interações entre moléculas apolares, os autores do LQS 1 optam por iniciar com o fenômeno de solubilização de algumas moléculas apolares em solventes polares, fato pouco discutido nos livros do Ensino Médio. Percebe-se que a generalização da conhecida regra de solubilidade de semelhantes desencadeia conflitos quando se recorre às obras de nível superior. A nomenclatura fornecida para o estudo dessas interações no LQS 1 é dada por dipolo-dipolo induzido. Entende-se que moléculas polares podem criar um dipolo em moléculas que não têm um dipolo permanente. Tomando a água como exemplo, o seu polo negativo pode distorcer a nuvem eletrônica de uma molécula apolar (KOTZ et al., 2009).

As interações que ocorrem exclusivamente entre moléculas apolares são denominadas no LQS 1 como Dispersões de London ou Dipolo Induzido-Dipolo Induzido. A caracterização dessas interações é similar às que ocorrem nos LDQ analisados. Os autores destacam que as atrações e repulsões entre os núcleos das moléculas vizinhas, distorcem as nuvens eletrônicas e conduzem à formação de um dipolo induzido. O destaque está na afirmação que “Forças de Van der Waals” é a nomenclatura comum a todas as forças intermoleculares, evitando fornecer como mais uma opção de nomenclatura exclusiva das interações entre moléculas apolares como se observa no LDQ 3.

As ligações de hidrogênio, devido à sua ampla discussão que envolve moléculas biológicas que constituem o DNA, polímeros sintéticos e agregam propriedades interessantes à molécula da água, no caso do LSQ 1, aparecem no final do capítulo. A conceituação é idêntica àquelas dos LDQ analisados, mas os autores frisam que a nomenclatura ponte de hidrogênio foi abandonada.

O LQS 2 — Princípios de Química inicia sua discussão destacando a contribuição do estudo das forças intermoleculares para explicar as diferenças entre as propriedades físicas

das substâncias. Para o estudo divide-se em forças interiônicas e intermoleculares. Em relação às interações entre os íons, não há preocupação em detalhá-las, referindo-se somente à citação da força íon-íon. Observa-se que por não haver molécula envolvida e também essa seção tratar sobre as forças intermoleculares, os autores se dedicam a explicar as interações entre os íons e as moléculas polares, denominadas como íon-dipolo. Essa força que também foi discutida no LDQ 1 e reforça a constatação de que as interações interiônicas são dispensadas pelos autores de nível Médio analisados.

No LQS 2, o íon-dipolo é relatado como uma interação entre as cargas parciais da molécula polar da água e as cargas dos íons que com elas interagem. Como no LQS 1, os fatores responsáveis por essa interação são definidos pela dependência da magnitude da carga do íon e pela distância entre eles, tornando essa a interação em íons hidratados de forte intensidade (ATKINS & JONES, 2002).

Entre moléculas polares são as interações entre as cargas parciais de seus dipolos elétricos que definem as forças dipolo-dipolo, já entre as moléculas exclusivamente apolares, no entanto, comuns a qualquer tipo de molécula, são denominadas pelo LQS 2 como Força de Dispersão ou Forças de London. A explicação para a existência dessa força é similar as outras explicações descritas no LQS 1. É a deformação da nuvem eletrônica que induzirá a formação de um dipolo momentâneo, logo dependente da polarizabilidade, do tamanho dessas moléculas e de suas nuvens. As interações se tornam mais intensas quando comparadas com moléculas maiores, mas nem sempre é um fator determinante, pois o formato dessas deve ser considerado. Nota-se que o LQS 2 não há citação das interações entre moléculas apolares e polares como no LQS 1 ou no LDQ 2.

O LQS 2 também finaliza com as ligações de hidrogênio usando definições iguais ao LQS 1 e ao que se constatou nos LDQ. Os autores destacam as interações com exemplificações que vão além das moléculas constituintes do DNA, mas se referem também à quebra das interações da albumina ao cozinhar um ovo; das interações fortes entre as moléculas da celulose e do gel de cabelo; além de relacionar conceitos de tensão superficial e viscosidade (ATKINS; JONES, 2002). O quadro 3 registra a ocorrência das interações intermoleculares e interiônicas discutidas nas obras selecionadas, considerando dip., igual a dipolo.

**Quadro 3 – Ocorrência das forças intermoleculares e interiônicas por obra analisada**

Obras	Tipos de Interações					
	Íon-Íon	Íon-Dip	Dip.-Dip	Dip.-Dip Induzido	Forças de London	Ligação de Hidrogênio
LDQ 1	-	X	X	-	X	X
LDQ 2	-	-	X	X	X	X

LDQ 3	-	-	X	-	X	X
LQS 1	X	X	X	X	X	X
LQS 2	X	X	X	-	X	X

## Conclusão

A análise do conteúdo de forças intermoleculares mostra a importância e abrangência do tema. Sob diferentes óticas, os autores discursam em função da elaboração e definição dos conceitos, sejam esses mais superficiais como os previstos para os LDQ ou baseados na compreensão matemática e constitucional desses fenômenos, como constatados nas obras dos LQS.

A fácil ligação do tema com os fenômenos cotidianos torna o assunto menos abstrato. Essa prática é observada em todas as obras, mesmo que o tratamento das interações intermoleculares seja variável entre elas. Algumas iniciam com as interações entre as moléculas polares, outras com apolares. No entanto, percebe-se que nos LQS há a discussão das interações interiônicas, intermoleculares ou entre ambas. Das três obras de nível médio, somente uma delas, o LDQ 1, compartilhou dessas observações no capítulo de interações intermoleculares e nenhuma obra se deteve em comentar nas interações entre os íons, algo que se pode compreender por não se tratar de moléculas. É importante destacar que as interações íon-íon estão presentes em questões apresentadas nos diversos concursos de nível médio, o que sugere uma demanda de inclusão dessa discussão.

A maior preocupação em relação à definição das interações está na elaboração dos seus conceitos e nomenclaturas. Por muitas vezes, a leitura do LDQ distancia o aluno da percepção que essas interações podem ocorrer tanto entre moléculas iguais ou diferentes. Assim, interações do tipo dipolo-dipolo induzido, não são tratadas em várias obras, incluindo LDQ 1 e 3 e até mesmo a LQS 2.

Destaca-se que o LDQ 3 traz a ponte de hidrogênio como sinônimo para a ligação de hidrogênio. Além de ser um livro de publicação mais antiga, também se refere às forças de Van der Waals como sinônimo para as Forças ou Dispersões de London. Na obra do LDQ 2, identificou-se um descuido em abreviar as Forças de London como dipolo-dipolo induzido, já que existem interações entre dipolo permanente (dipolo) e dipolo induzido, o que abrangeria outro conceito. Essa é uma redução de escrita que se deve evitar.

Durante a revisão de todas as obras observaram-se que há maior detalhamento para as ligações de hidrogênio. O fato destaca a importância da sua compreensão e das múltiplas aplicações nos processos que envolvem a água ou estruturas mais complexas, como nas moléculas biológicas. Nas obras dos LQS, essa exemplificação é mais robusta, ampliando a discussão para as propriedades da molécula da água e iniciando uma seção para novas questões.

Por fim, três definições são comuns a todas as obras dos LDQ's: as interações entre os dipolos permanentes incluindo-se as ligações de hidrogênio e entre as moléculas apolares, sendo essas nomeadas como Forças de London ou entre dipolos induzidos.

Conclui-se que um trabalho focado nessas três interações ao nível médio amplia possibilidades para o estudo entre outras interações, sejam entre moléculas e íons ou somente entre os íons, uma vez que essas conceituações aparecem em avaliações nacionais e serão importantes para o aprofundamento do estudo de Química para os ingressos nos cursos de graduação.

## Referências

- AMARAL, C. L. C.; XAVIER, E. S.; MACIEL, M. L. Abordagem das relações ciência/tecnologia/sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de química do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**. V. 14, n. 1, 2016, p. 101-114.
- ANTUNES, M.T. (org). **Química: Ser Protagonista**. v. 1 e 3. São Paulo: Edições SM, 2013.
- ATKINS P. W.; JONES, L. **Princípios da Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- ATKINS P. W.; OVERTON, T.; ROURKE, J.; WELLER, M.; ARMSTRONG, F. A. **Química Inorgânica**. Porto Alegre: Bookman, 2017.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BRASIL, Decreto-lei Nº 9099 de 18 de Julho de 2017. Dispõe sobre o programa Nacional do Livro e do Material Didático. *Diário Oficial da União*, 19 julho, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Dados Estatísticos dos Programas do Livro**, disponível em: <https://www.fnede.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>. Acesso em: 2 dez. 2020.
- CACHAPUZ, A., CAMPOS, C. Imagens de ciência em Manuais de química Portuguesa. **Química nova na escola**. V.6, 1997, p. 23-29.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science education**. V. 75, n. 6, 1991, p. 649-672.
- FELTRE, R. **Química**. V. 1, 7 ed. São Paulo: Moderna, 2008.
- FONSECA, M.R.M. **Química** – v. 1 e 3. São Paulo: Ática, 2013.
- HARRISON, A. G.; TREAGUST, D. F. Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. **Journal of research in Science Teaching**. V. 30, n. 10, 1993, p. 1291-1307.
- JUNQUEIRA, M.M. **Um estudo sobre o tema interações intermoleculares no contexto da disciplina de química geral: a necessidade da superação de uma abordagem classificatória para uma abordagem molecular**. Universidade de São Paulo, 2017.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; TOWNSEND, J. R.; TREICHEL, D. A. **Química Geral e reações químicas**. V. 1, 6 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

MARTORANO, A.A.S. **As concepções de ciências dos livros de química dirigidos ao ensino médio, no tratamento de cinética química no período de 1929 a 2004**. Universidade São Paulo 2007.

MIRANDA, A.C.G., PAZINATO, M.S., BRAIBANTE, M.E.F. A visão de Ciência apresentada em Livros didáticos de química na abordagem de forças moleculares. **Vivências**. V. 15, n 28, 2019, p.23-34.

MORTIMER, E.F.; MIRANDA, L. Transformações. **Química Nova na Escola**. n. 2, 1995, p. 23-26.

NÌAZ, M. Más allá del Positivismo: Una Interpretación Lakatosiana de la Enseñanza de las Ciencias. **Enseñanza de la Ciencias**. V 12, 1994, p. 97-100.

PAIVA, D.L., LAMPMAN, G.M., KRIZ, G.S., ENGEL,R.G. **Introduction to Organic Laboratory Techniques**. 3 ed. Orlando-Flórida:Saunders College Publishing, 1999.

PIAGET, J. Aprendizagem e conhecimento. In: PIAGET, J., GRÉCO, P. **Aprendizagem e conhecimento**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974, p. 85.

SANTOS, W. L. P. **Química Cidadã**. V. 1, 3 ed. São Paulo: AJS, 2016.

THOMAS, G. **Química Medicinal uma introdução**. Rio de Janeiro:Guanabara,2003.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química: conecte live**. V. 1, 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2018.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

## Sobre os autores

### Jorge Barbosa Nunes

Mestre formado em Ciências para Professores da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Duque de Caxias.

E-mail: jbn.quim@gmail.com

### Robson Roney Bernardo

Professor Adjunto da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Duque de Caxias da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Duque de Caxias.

E-mail: robson@xerem.ufrj.br

## A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INTERMOLECULAR INTERACTION CONCEPTS IN THE HIGH SCHOOL CHEMISTRY BOOKS

### Abstract

This paper proposes a discussion on the definitions and the process of understanding intermolecular interactions at the level of High School with the aim of providing a conceptual comparative review. The theoretical framework is based on the content of two well-known works of Chemistry adopted in undergraduate courses. For the composition of the investigative data, three high school textbooks were selected through a detailed analysis of the concepts worked on by the authors, highlighting the proximity of the texts to the audience for which they are intended. It was used to compare and conceptualize the classification of types of intermolecular forces, their applications and the possible conflicts that the texts present in the description of these phenomena. With the qualitative analysis of the definitions and the information base extracted from this study, a material for consultation, reflection and support for teachers of Chemistry at the high school is elaborated.

**Keywords:** chemistry teaching; intermolecular forces; high school

## UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CONCEPTOS DE INTERACCIONES INTERMOLECULARES EN LOS LIBROS DIDÁCTICOS DE QUÍMICA DE BACHILLERATO

### Resumen

Este artículo propone una discusión sobre las definiciones y el proceso de comprensión de las interacciones intermoleculares a nivel de bachillerato con el objetivo de brindar una revisión conceptual comparativa. El marco teórico se basa en el contenido de dos reconocidos trabajos de Química adoptados en cursos de pregrado. Para la composición de los datos investigativos se seleccionaron tres libros de texto de nivel medio mediante un análisis detallado de los conceptos trabajados por los autores, destacando la proximidad de los textos a la audiencia a la que están destinados. Se utilizó para comparar y conceptualizar la clasificación de tipos de fuerzas intermoleculares, sus aplicaciones y los posibles conflictos que presentan los textos en la descripción de estos fenómenos. Con el análisis cualitativo de las definiciones y la base de información extraída de este estudio, se elabora un material de consulta, reflexión y apoyo para docentes de Química de bachillerato.

**Palabras clave:** enseñanza de la química; fuerzas intermoleculares; bachillerato