



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RENATA ANDRADE MANFIO

UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES NO ENSINO DE QUÍMICA:
A influência da hiper cultura na aprendizagem de conceitos
relacionados à polaridade molecular

Londrina
2025

RENATA ANDRADE MANFIO

UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES NO ENSINO DE QUÍMICA:
A influência da hiper cultura na aprendizagem de conceitos
relacionados à polaridade molecular

Tese apresentada à Banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Química - PPG, da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Química.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Maia Cirino

Londrina
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

M276 Manfio, Renata Andrade .
Utilização de simuladores no ensino de química: a influência da hiper cultura na aprendizagem de conceitos relacionados à polaridade molecular / Renata Andrade Manfio. - Londrina, 2025.
245 f.

Orientador: Marcelo Maia Cirino.
Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Química, 2025.
Inclui bibliografia.

1. TDIC no ensino de química - Tese. 2. polaridade de moléculas - Tese. 3. cognitivismo - Tese. 4. Teoria da Mediação Cognitiva - Tese. I. Maia Cirino, Marcelo . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Química. III. Título.

CDU 54

RENATA ANDRADE MANFIO

UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES NO ENSINO DE QUÍMICA:
A influência da hiper cultura na aprendizagem de conceitos
relacionados à polaridade molecular

Tese apresentada à Universidade Estadual
de Londrina - UEL, como requisito parcial
para a obtenção do título de Doutora em
Química.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Profa. Dra. Daniela Melaré Vieira Barros
Universidade Aberta de Portugal- UAP

Prof. Dr. Bruno Silva Leite
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Gustavo Bizarria Gibin
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Londrina, 13 de março de 2025.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, cuja presença constante e força me guiaram ao longo desta jornada. Sem Sua graça e bênçãos, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Jair e Maria, por todo amor, apoio e sacrifícios feitos ao longo da minha vida. Vocês me ensinaram o valor do conhecimento e sempre me incentivaram a buscar meus sonhos. Sou eternamente grata pela educação e pelos princípios que me deram.

Ao meu orientador, professor Doutor Marcelo Maia Cirino, pela oportunidade, orientação e suporte inestimável. Sua presença sempre muito respeitável foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço profundamente por acreditar em mim e me guiar com sabedoria.

A minha amada filha Júlia, que este trabalho seja uma prova do poder transformador do conhecimento, especialmente para nós, mulheres. Que você cresça sabendo que estudar é uma forma de conquistar seu espaço, de fortalecer sua voz e de abrir caminhos para um futuro que você mesma poderá escolher. Que minha trajetória sirva como inspiração para que você nunca duvide da sua capacidade e do seu direito de sonhar alto e ser feliz. Tudo o que faço também é por você.

E, finalmente, ao meu marido Renan, por seu amor, companheirismo, paciência e encorajamento. Seu amor e compreensão foram fundamentais para que eu pudesse me dedicar integralmente a esta tese. Obrigada por estar ao meu lado em todos os momentos, bons e desafiadores que vivemos juntos durante esta jornada.

Aos membros que compuseram a banca de avaliação para a qualificação e defesa:

Profa Dra Angelica Cristina Rivelini da Silva (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR), Prof. Dr. Bruno Silva Leite (Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE), Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza (Universidade Estadual Paulista - UNESP), Profa. Dra. Daniela Melaré Vieira Barros (Universidade Aberta de Portugal – UAP), Prof. Gustavo Bizarria Gibin (Universidade Estadual Paulista – UNESP).

Gostaria imensamente de agradecer também a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram de alguma maneira para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho. Á vocês, o meu muito obrigada.

*Dedico este trabalho à minha amada família,
meu marido Renan e minha filha Júlia,
por serem minha inspiração diária e
por me lembrarem sempre do que
realmente importa na vida.*

RESUMO

MANFIO, Renata Andrade. ***Utilização de Simuladores no ensino de Química: a influência da hiper cultura na aprendizagem de conceitos relacionados à polaridade.*** 2025. 245. Tese. Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, 2025.

O estudo teve como objetivo investigar as contribuições de ferramentas hiper culturais, como simulações computacionais, integradas a sequências didáticas estruturadas, para o ensino de Química, especialmente sobre conceitos abstratos como polaridade molecular. Com base nos referenciais teóricos de Zabala (1998) e Souza (2004), foi desenvolvida, aplicada e avaliada uma sequência didática, fundamentada na Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (Souza, 2004), que define ferramentas hiper culturais como tecnologias digitais que expandem as capacidades humanas ao criar contextos interativos para a construção do conhecimento, sendo mediadores no desenvolvimento de *drivers* cognitivos – estruturas mentais dinâmicas que integram processos internos e sistemas externos de informação. A pesquisa foi realizada em uma Escola Técnica (ETEC) em Palmital (SP), com uma turma do 1º ano do Ensino Médio com habilitação profissional em Técnico em Administração. A pesquisadora, também professora da turma, ministrou aulas de Química para implementar a metodologia em oito aulas de 50 minutos, divididos em quatro dias. A sequência didática combinou aulas teóricas e práticas, utilizando ferramentas hiper culturais, como o simulador Polaridade da Molécula, disponível na plataforma *PhET*. A interpretação dos dados, baseada na Análise Textual Discursiva (Moraes e Galiazzi, 2007) e na Análise Gestual Descritiva (Monaghan e Clement, 1999; Stephens e Clement, 2010), revelou que o simulador computacional, integrado a sequência didática desenvolvida, contribuiu para um maior engajamento e a compreensão de conceitos abstratos. Os alunos tiveram avanços na visualização mental e internalização de conceitos, desenvolvendo *drivers* hiper culturais, conforme descrito por Souza (2004). A interação contínua com o simulador facilitou a consolidação do conhecimento, tornando mais acessíveis conceitos anteriores abstratos. Os resultados evidenciaram que ferramentas hiper culturais, como simuladores virtuais, superaram as limitações do ensino tradicional, forneceram práticas pedagógicas inovadoras e alinhadas às demandas tecnológicas do século XXI. Assim, o estudo reforça a eficácia de integrar ferramentas hiper culturais e sequências didáticas fundamentadas, para transformar o ensino de Química e facilitar a adaptação dos alunos a contextos educacionais digitalizados.

Palavras-chave: TDIC no ensino de Química; polaridade de moléculas; Cognitivismo, Teoria da Mediação Cognitiva.

ABSTRACT

MANFIO, Renata Andrade. *Use of Simulators in Chemistry teaching: the influence of hyperculture on learning concepts related to polarity*. 2025. 245. Tese. Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, 2025.

The study aimed to investigate the contributions of hypercultural tools, such as computer simulations, integrated with structured teaching sequences, for teaching Chemistry, especially on abstract concepts such as molecular polarity. Based on the theoretical frameworks of Zabala (1998) and Souza (2004), a teaching sequence was developed, applied and evaluated, based on the Cognitive Mediation Theory (CMT) (Souza, 2004), which defines hypercultural tools as digital technologies that expand human capabilities by creating interactive contexts for the construction of knowledge, acting as mediators in the development of cognitive drivers – dynamic mental structures that integrate internal processes and external information systems. The research was conducted at a Technical School (ETEC) in Palmital (SP), with a class of 1st year high school students with a professional qualification in Technical Administration. The researcher, also a teacher of the class, taught Chemistry classes to implement the methodology in eight 50-minute classes, divided into four days. The didactic sequence combined theoretical and practical classes, using hypercultural tools, such as the Molecule Polarity simulator, available on the PhET platform. The interpretation of the data, based on Discursive Textual Analysis (Moraes and Galiazzi, 2007) and Descriptive Gestural Analysis (Monaghan and Clement, 1999; Stephens and Clement, 2010), revealed that the computer simulator, integrated into the developed didactic sequence, contributed to greater engagement and understanding of abstract concepts. Students made progress in mental visualization and internalization of concepts, developing hypercultural drivers, as described by Souza (2004). Continuous interaction with the simulator facilitated the consolidation of knowledge, making previously abstract concepts more accessible. The results showed that hypercultural tools, such as virtual simulators, overcame the limitations of traditional teaching, providing innovative pedagogical practices aligned with the technological demands of the 21st century. Thus, the study reinforces the effectiveness of integrating hypercultural tools and grounded didactic sequences to transform Chemistry teaching and facilitate students' adaptation to digitalized educational contexts.

Key-words: TDIC in Chemistry teaching; molecular polarity; Cognitivism, Cognitive Mediation Theory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ordem crescente de eletronegatividade.....	32
Figura 2 – Fórmula estrutural do gás carbônico	32
Figura 3 – Momento dipolar resultante da molécula do gás carbônico.....	33
Figura 4 – Momento dipolar resultante da molécula de H ₂ O	33
Figura 5 – Fluxograma, apresentado pelo livro didático, do procedimento usado para a separação e recuperação dos componentes de uma mistura de Na Cl e areia.....	40
Figura 6 – Representação esquemática do cromatograma obtido por CCD, para análise de uma amostra de medicamento.....	41
Figura 7 – Simulador Virtual Polaridade da Molécula.....	56
Figura 8 – Simulador Virtual Polaridade da Molécula.....	57
Figura 9 – Simulador Virtual Polaridade da Molécula.....	58
Figura 10 – A evolução das formas de mediação cognitiva	67
Figura 11 – Modelos apresentados pelo E2 com a representação do momento dipolar e dipolo molecular.....	101
Figura 12 – Modelos apresentados pelo E5 com a representação do momento dipolar e dipolo molecular.....	101
Figura 13 – Modelos apresentados pelo E1 com a representação da carga parcial	102
Figura 14 – Resposta do E6 da questão número 4.....	104
Figura 15 – Resposta do E1 da questão número 5.....	106
Figura 16 – Resposta do E1 da questão número 13.....	108
Figura 17 – Resposta do E3 da questão número 13.....	108
Figura 18 – Resposta do E4 da questão número 13.....	109
Figura 19 – Estudantes E1, E2, E3, E4 e E5 descrevendo, em gestos, o comportamento da molécula apolar, apresentada pelo software de simulação virtual em um campo elétrico.....	115
Figura 20 – Estudante E5 descrevendo por meio de gestos a molécula de O ₂ (g).....	118
Figura 21 – Estudante E7 descrevendo por meio de gestos a representação da ligação dipolo-dipolo e da carga parcial representada na questão	

8.....	119
Figura 22 – Estudante E7 descrevendo, por meio de gestos, o distanciamento do átomo de oxigênio.....	121
Figura 24 – Estudante E5 descrevendo, por meio de gestos, a formação do momento dipolar em direção do átomo de oxigênio.....	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro Comparativo sobre abordagem da polaridade molecular nas coleções didáticas	37
Quadro 2 – Etapas da sequência didática apresentada	92
Quadro 3 – Categorias gerais identificadas.....	97
Quadro 4 – Respostas dos estudantes à questão 2.....	101
Quadro 5 – Respostas dos estudantes à questão 3.....	102
Quadro 6 – Categorias de análise e interpretação das respostas dos alunos ao pré-teste.....	104
Quadro 7 – Categorias de análise e interpretação das respostas dos alunos ao pré-teste	111
Quadro 8 – Evidências no discurso dos estudantes relacionadas à contribuição do simulador como ferramenta de mediação hiper cultural para a construção do conhecimento.....	125
Quadro 9 –Evidências no discurso dos estudantes em relação ao desenvolvimento de habilidades de visualização e manipulação tridimensional das moléculas.....	126
Quadro 10 –Evidências no discurso dos estudantes em relação à transferência de conhecimentos para contextos reais.....	127
Quadro 11 – Evidências no discurso dos estudantes em relação ao desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de resolução de problemas.....	128

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TMC	Teoria da Mediação Cognitiva
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
<i>PHET</i>	<i>Physics Education Technology</i>
MEC	Ministério da Educação e Cultura
CCD	Cromatografia de Camada Delgada
ERIC	Centro de Informação de Recursos Educacionais
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
RP	Resolução de Problemas
<i>SCIELO</i>	<i>Scientific Eletronic Library Online</i>
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UFMA	Universidade Federal do Maranhão

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	22
CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
1.1 Polaridade das moléculas.....	31
1.2 A polaridade molecular no Ensino Médio: uma reflexão sobre sua abordagem nos livros didáticos.....	34
1.3 As contribuições na literatura para o ensino da polaridade molecular...	42
1.4 Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação.....	45
1.5 A simulação virtual no ensino da Química.....	48
1.6 O software de simulação virtual Polaridade da Molécula.....	54
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	61
2.1 Teoria da Mediação Cognitiva - TMC.....	62
2.1.1 Avanços na teoria após a consolidação da TMC.....	69
2.1.2 Contribuições da TMC para o ensino de Química e Física: uma revisão de estudos aplicados.....	70
2.2 Antoni Zabala: fundamentos para uma prática pedagógica transformadora.....	72
CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS.....	76
3.1 Fundamentação teórica para questionários aplicados como instrumentos para coleta de dados.....	79
3.2 Fundamentação teórica para pós-entrevista: protocolo <i>Repor Aloud</i>	80
3.3 Fundamentação teórica para a análise gestual das entrevistas: Análise Gestual Descritiva.....	82
3.3.1 A importância da técnica <i>Report Aloud</i> e das Análises Gestuais Descritivas nas pesquisas em ensino de Ciências.....	84
3.4 Fundamentação teórica para análise dos dados coletados: Análise Textual Discursiva.....	86
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA.....	89
4.1 Etapas da metodologia.....	90
4.1.1 Escolha do tema.....	90
4.1.2 Escolha dos sujeitos.....	90
4.1.3 Revisão bibliográfica.....	91
4.1.4 Elaboração da sequência didática fundamentada em Zabala.....	91
4.1.5 Aplicação da sequência didática.....	91
4.1.6 Coleta dos dados.....	91
4.1.7 Análise dos dados.....	92
4.2 Aplicação da sequência didática.....	92
4.2.1 Primeiro dia da aplicação da sequência didática: resgate dos conhecimentos prévios dos sujeitos, introdução de novos conceitos sobre o tema e levantamento do perfil comportamental dos alunos.....	93
4.2.2 Segundo dia da aplicação da sequência didática: avaliação dos conhecimentos prévios dos alunos e conhecimentos adquiridos.....	93
4.2.3 Terceiro dia aplicação da sequência didática: aula prática com o simulador virtual como intervenção hiper cultural.....	90

4.2.4 Quarto dia da aplicação da sequência didática: avaliação proposta.....	94
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	96
5.1 Análise do uso de tecnologias e inclusão digital.....	96
5.2 Análise do pré-teste.....	99
5.2.1 Categorias de análises segundo a Análise Textual Discursiva (ATD).....	103
5.3 Análise do pós-teste.....	105
5.3.1 Categorias de análises segundo a Análise Textual Discursiva (ATD).....	110
5.4 Análise da entrevista.....	114
5.4.1 Análise Gestual Descritiva da entrevista: gestos e visualizações na construção de conceitos.....	114
5.4.2 Categorização das falas dos estudantes: uma Análise Textual Discursiva sobre a aprendizagem mediada pelo simulador virtual.....	124
5.5 Análise da avaliação da atividade.....	129
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	131
REFERÊNCIAS.....	134
APÊNDICES.....	145
Apêndice A	
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	146
Apêndice B	
Formulário eletrônico aplicado aos alunos no primeiro dia da sequência didática..	148
Apêndice C	
Pré-teste aplicado aos alunos no segundo dia da sequência didática	151
Apêndice D	
Pós-teste aplicado aos alunos no quarto dia da sequência didática	153
Apêndice E	
Avaliação da proposta aplicada aos alunos no quarto dia de desenvolvimento da sequência didática.....	158
Apêndice F	
Transcrição das entrevistas realizadas com os estudantes (E1 ao E7).....	160
ANEXOS.....	204
Anexo A	
Pré-Testes Respondidos pelos Estudantes (E1 ao E7)	205
Anexo B	
Pós-Testes Respondidos pelos Estudantes (E1 ao E7).....	213

Anexo C	
Avaliação da Proposta Respondida pelos Estudantes (E1 ao E7).....	243

INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea vive uma revolução digital, marcada pelo avanço da computação e das telecomunicações, que trouxe novos conceitos, valores e práticas socioculturais. Dispositivos como *smartphones*, computadores e *tablets* desempenham um papel central na vida cotidiana, especialmente entre os jovens, que cresceram expostos a ferramentas que transformaram significativamente suas práticas sociais, habilidades cognitivas e modos de interação com o mundo (Souza, 2004).

Os *videogames*, por exemplo, se destacam como plataformas que fomentam habilidades como a resolução de problemas, o trabalho em equipe e a criatividade, ao mesmo tempo que oferecem entretenimento. Já as câmeras digitais revolucionaram a fotografia, permitindo que a vida cotidiana fosse registrada e compartilhada de maneira instantânea e acessível, especialmente com o advento das redes sociais (Silva, 2024).

Essa exposição precoce a tecnologias digitais não apenas preparou os indivíduos para se adaptarem a dispositivos mais avançados, mas também trabalhou para a construção de novas formas de aprendizagem e interação mediadas por ferramentas tecnológicas. Ao explorar esses exemplos como parte de um cenário maior, percebe-se como o acesso facilitado a esses recursos transformou os modos de vida e a compreensão de uma sociedade cada vez mais digitalizada (Mello e Pires, 2020).

No âmbito teórico, a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), proposta por Bruno Campello de Souza (2004), oferece uma lente para compreender o papel desses dispositivos digitais, definidos por ele como ferramentas hiper culturais. Esses recursos tecnológicos expandem as capacidades humanas ao criar contextos interativos para a construção de conhecimento. Seja por meio de videogames, câmeras digitais ou redes sociais, essas ferramentas reconfiguram os processos cognitivos, estimulando novas formas de aprendizagem personalizadas e adaptativas.

Assim, uma geração que cresceu utilizando essas tecnologias experimentou uma adaptação única às rápidas mudanças digitais. Ao integrar as ferramentas hiper culturais ao seu cotidiano, essa geração desenvolveu habilidades técnicas e sociais que os prepararam para lidar com tecnologias mais avançadas e contextos de aprendizagem mediados digitalmente (Souza, 2004).

Esses avanços destacam a importância de incorporar tais ferramentas hiper culturais aos ambientes educacionais. Quando integradas de forma estratégica, essas tecnologias ampliam os processos de ensino-aprendizagem, promovendo uma educação mais conectada com a realidade tecnológica atual.

Segundo os dados mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE) sobre acesso à tecnologia no Brasil, publicados em 2023 pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), 92,5% dos domicílios brasileiros têm acesso à Internet. Esse acesso é maior nas áreas urbanas (94,1%) e menor nas áreas rurais (81%). Entre os domicílios sem conexão, os principais motivos são a falta de conhecimento para utilizar a tecnologia (33,2%), o custo elevado (30%) e a falta de necessidade (23,4%) (IBGE, 2023).

Segundo esta mesma pesquisa uma série de outros dispositivos estão presentes nos lares brasileiros, tais como *smartphones*, que estão presentes em 96,7% dos lares brasileiros, enquanto o uso de computadores e *tablets* segue em queda, atingindo 39% e 10,4%, respectivamente (IBGE, 2023).

Na ciência da computação, *drivers* são elementos que garantem a comunicação entre o sistema operacional e o *hardware*. Atuam de forma a possibilitarem a integração entre dispositivos conectados e o sistema, garantindo que o controle seja eficiente e adaptável a diferentes necessidades (Momesso, 2023).

Essa ideia é transportada para o campo da cognição na TMC (Souza, 2004), onde o conceito de *drivers* assume uma perspectiva análoga, aplicada à cognição humana. Souza (2004) propõe que, assim como os *drivers* em um computador, os *drivers* cognitivos são estruturas mentais que possibilitam a interação e a compreensão de mecanismos externos de processamento de informações. Eles funcionam como mediadores entre a estrutura cognitiva do indivíduo e o sistema de informações externas, facilitando a internalização e o entendimento do conteúdo processado externamente.

Além disso, esses *drivers* não são estruturas fixas, mas mecanismos dinâmicos que se constroem e se modificam com base na interação contínua entre processos internos e externos, formando sistemas de processamento mais complexos à medida que novas experiências e informações são incorporadas (Zanatta, 2023).

Os *drivers* cognitivos são, assim, fundamentais para a formação do pensamento humano, participantes mais do que uma simples conexão com o sistema externo.

Diante desse cenário, a prática educativa dificilmente pode ser imaginada sem a integração dessas ferramentas hiper culturais, que expandem as possibilidades de interação e aprendizado.

Segundo Reis *et al.* (2020) esse cenário exige que os professores do século XXI superem os métodos da escola tradicional, originados no século XIX, quando os únicos recursos disponíveis eram o quadro e o giz, e integrem ferramentas modernas que tornem o ensino mais dinâmico e conectado com a realidade dos alunos.

Segundo Rodrigues e Nascimento (2020, p.189) as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) são cada vez mais indispensáveis no contexto educacional, sendo aplicadas de diversas formas:

As Tecnologias da Informação e das Comunicações (TIC) têm sido cada vez mais imprescindíveis nos ambientes educacionais atuais. A sua utilização pode se dar de diferentes formas: como fonte de consulta, comunicação, na organização dos conteúdos a serem ensinados, motivação dos estudos, treinamento do aprendizado, entre outras. Dessa forma, as TIC têm aumentado consideravelmente a sua presença como um meio de ensino-aprendizagem disponível.

Esse cenário evidencia o impacto da tecnologia em praticamente todas as esferas sociais, e a educação, especialmente, tem sido chamada a acompanhar essa transformação.

Assim, o contexto digital exige adaptações na prática educativa, principalmente em disciplinas como a Química, onde a natureza abstrata dos conteúdos apresenta desafios ao uso exclusivo de métodos tradicionais. Dependendo apenas de ferramentas como lousa, giz e livros didáticos, o ensino de Química se torna menos acessível e sonoro (Maruyama, 2022). No Ensino de Ciências, muitas pesquisas apontam as dificuldades que os estudantes do Ensino Médio enfrentam, particularmente na Química, onde a falta de materialidade dos conteúdos exige abordagens inovadoras.

Carvalho (2024) relatam as dificuldades enfrentadas pelos estudantes do Ensino Médio relacionadas à abstração de conceitos químicos fundamentais, como o balanceamento de equações químicas. Os autores destacam que essas dificuldades são agravadas pela falta de conexão entre teoria e prática no processo de ensino, além da ausência de estratégias didáticas inovadoras que possam engajar os alunos.

Lima *et al.* (2018) explora o uso da experimentação como estratégia essencial para superar as dificuldades dos estudantes do Ensino Médio no aprendizado de temas abstratos. O trabalho evidencia a importância de metodologias que

contextualizam os conteúdos químicos no cotidiano dos estudantes, oferecendo uma abordagem mais dinâmica e eficaz

Bacelar *et al.* (2024) abordam as dificuldades enfrentadas por estudantes no aprendizado da linguagem química, especialmente em conceitos de química orgânica. O artigo conclui que integrar temas do cotidiano ao ensino de química pode enriquecer a experiência de aprendizagem e formar cidadãos mais críticos.

Silva (2024) destaca que o desinteresse dos alunos pela Química ocorre, em grande parte, de como a disciplina é tradicionalmente ensinada nas escolas. Esse ensino é descrito como baseado na memorização de fórmulas, cálculos e conceitos abstratos, muitas vezes desprovido de uma conexão clara com a realidade cotidiana dos estudantes. A Química é percebida como monótona e difícil, o que resulta em uma falta de engajamento por parte dos alunos.

Pereira *et al.* (2024) destacam que o desinteresse dos alunos pela Química é um desafio recorrente, especialmente quando o ensino se limita a abordagens tradicionais que enfatizam a memorização e a resolução mecânica de problemas.

Dessa forma, ao considerar os desafios impostos pela abstração dos conceitos químicos e pelo desinteresse crescente dos estudantes, torna-se evidente a necessidade de uma reformulação nas práticas de ensino dessa disciplina. A integração de metodologias ativas, como a experimentação e o uso de ferramentas hiper culturais, tais como as simulações computacionais, apresenta-se como uma solução promissora, ao conectar teoria e prática de maneira dinâmica e contextualizada.

Essas estratégias não apenas facilitam a compreensão de conteúdos complexos, mas também aumentam o engajamento dos alunos, proporcionando uma experiência de aprendizado mais alinhada às demandas do contexto digital.

Entre as ferramentas hiper culturais que apoiam o ensino, as simulações computacionais apresentam resultados positivos para facilitar a construção de conceitos e explorar o conhecimento prévio dos alunos.

No ensino da polaridade das moléculas, por exemplo, onde conceitos complexos como eletronegatividade, ligações químicas e dipolos elétricos são envolvidos, o uso dessas simulações pode ajudar os alunos a desenvolverem habilidades de visualização, essenciais para a compreensão desses conteúdos abstratos (Silva, 2024).

Nesse sentido, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) dialoga diretamente

com a necessidade de transformar as práticas pedagógicas no ensino médio, alinhando-as às demandas contemporâneas da sociedade digital.

A BNCC recontextualiza as finalidades do Ensino Médio determinantes pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) desde 1996. Ela reforça a importância de preparar o estudante para a vida cidadã e para o mercado de trabalho, enfatizando, além do domínio de conteúdos, o desenvolvimento de habilidades tecnológicas e sociais (BRASIL, 2018, p. 466):

I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos; II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores; III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Embora existam novas diretrizes, o ensino de Química no Brasil ainda é amplamente tradicional, com uma forte ênfase na memorização de conteúdo. (Carvalho 2024). Apesar de suas limitações, o método tradicional não é completamente inadequado e, em muitos contextos, continua sendo necessário (Saviani, 2013).

Segundo Libâneo (1994), o método tradicional de ensino é particularmente útil no ensino de conceitos essencialmente teóricos, como os encontrados na Química. Essa abordagem utiliza ferramentas clássicas, como livros, lousa e giz, permitindo que o professor apresente os conteúdos de forma sequencial e lógica.

Os alunos, por sua vez, utilizam cadernos para registrar explicações, resolver exercícios e consolidar o aprendizado. Essa dinâmica fornece uma base sólida de conhecimentos, fundamental para atividades práticas e experimentais que promovem a aplicação e a compreensão mais aprofundada dos conceitos (Libâneo, 1994).

No entanto, a ênfase excessiva na memorização, característica marcante das aulas tradicionais, é uma limitação significativa (Carvalho, 2024). Esse aspecto pode ser aprimorado com a integração de recursos digitais, como simulações interativas, vídeos educacionais e plataformas digitais, que tornam o aprendizado mais dinâmico, estimulando o cálculo crítico e a contextualização dos conceitos teóricos (Medeiros e Lopes, 2017).

Além disso, o uso de ferramentas tecnológicas permite novos métodos de ensino, como simulações, ambientes virtuais de aprendizagem e jogos educativos,

que tornam o estudo da Química mais dinâmico e acessível. Essas abordagens interativas facilitam a compreensão de conceitos abstratos, promovem o desenvolvimento do pensamento crítico e incentivam a autonomia dos estudantes no processo de aprendizagem (Cunha, 2021).

Ao integrar essas tecnologias ao ensino tradicional, é possível não só superar as limitações do modelo focado na memorização, mas também preparar os alunos para uma realidade onde habilidades tecnológicas e adaptabilidade são essenciais.

Nesse contexto, a BNCC sugere o uso de *softwares* de simulação como um recurso para entender e explorar recursos científicos. Essas tecnologias permitem que os alunos compreendam e produzam conteúdo em diferentes mídias e representações matemáticas, proporcionando um aprendizado mais significativo e contextualizado (BRASIL, 2018, p. 475):

Usar diversas ferramentas de *softwares* e aplicativos para compreender e produzir conteúdo em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática.

O Ensino Médio deve, então, promover uma apropriação crítica e prática da terminologia científica e das ferramentas digitais, permitindo que os alunos participem de investigação científica e tecnológica com maior autonomia em discussões, permitindo que eles possam analisar, argumentar e posicionarem-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia (BRASIL, 2018).

Um projeto que exemplifica essa integração tecnológica ao oferecer simulações gratuitas para disciplinas como Química, Física, Biologia e Matemática é o *PhET Interactive Simulations (Physics Education Technology)*¹, uma iniciativa da Universidade do Colorado, cujo objetivo é auxiliar professores de Ciências e Matemática por meio de um pacote de simulações.

Essas simulações, de fácil acesso e uso, podem ser aplicadas pelos professores nos laboratórios escolares, facilitando a exploração de conceitos abstratos e promovendo o interesse dos alunos por temas complexos.

Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma sequência didática sobre polaridade das moléculas destinada a alunos do 1º ano do Ensino Médio, integrando aula teórica tradicional em sala de aula com atividade prática realizada no laboratório de informática da escola. A prática inclui o uso de uma ferramenta hiper cultural, o

¹ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/

software de simulação virtual *Polaridade da Molécula*, disponível na plataforma *PhET*.

Este estudo explora como o uso de ferramentas hiper culturais, em específico a simulação virtual, pode contribuir para o aprendizado conceitual de polaridade molecular, apoiando-se na TMC (Souza, 2004).

Segundo a TMC, desenvolvida por Souza (2004), o aprendizado ocorre pela interação entre mecanismos de mediação externa, que atuam como ferramentas cognitivas, e mecanismos de processamento interno, denominados *drivers*, que promovem a internalização do conhecimento. Para estruturar as atividades, adotou-se o conceito de sequência didática, amplamente difundido por Antoni Zabala (1998), que defende a organização pedagógica em etapas progressivas, conectando diferentes abordagens para facilitar a construção do conhecimento.

A expectativa é que o estudo não apenas contribua para a ampliação do repertório de estratégias docentes no ensino de Química, mas também promova a criação de práticas mais dinâmicas e eficazes. Além disso, busca-se oferecer subsídios para a formação de professores, destacando o papel das ferramentas hiper culturais na mediação do aprendizado.

Assim, a questão central desta pesquisa é: “De que maneira a integração de ferramentas hiper culturais, como simulações computacionais, em sequências didáticas fundamentadas no referencial teórico Zabala (1998) pode contribuir para a aprendizagem de conceitos abstratos, como a polaridade molecular, no ensino de Química, à luz da TMC (Souza, 2004)?”

Objetivo geral

Investigar como o uso de ferramentas hiper culturais, como simulações computacionais integradas a sequências didáticas fundamentadas em Zabala (1998), pode favorecer o ensino de Química no Ensino Médio — especialmente na compreensão de conceitos abstratos como a polaridade molecular — à luz da Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004), promovendo práticas pedagógicas inovadoras e tecnológicas.

Objetivos Específicos:

1. Desenvolver e implementar uma sequência didática fundamentada no referencial teórico Zabala (1998) e na Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004), integrando ferramentas hiper culturais ao ensino de polaridade molecular no Ensino Médio.

2. Investigar como a utilização de ferramentas hiper culturais, em específico a simulação computacional, contribuem para a aquisição de *drivers* hiper culturais nos estudantes, promovendo a internalização de mecanismos cognitivos mediadores do aprendizado.

3. Analisar o desenvolvimento das habilidades de visualização mental entre os estudantes, avaliando como essas capacidades impactam a evolução conceitual e a compreensão de conceitos abstratos relacionados à polaridade molecular.

4. Avaliar as contribuições do uso de simulações computacionais para o aprendizado de conceitos relacionados à polaridade molecular, com ênfase na relação entre visualização mental, compreensão conceitual e engajamento dos estudantes.

5. Examinar as potencialidades e limitações da abordagem didática baseada em ferramentas hiper culturais no contexto do ensino de Química, identificando boas práticas e desafios para a sua integração nas práticas pedagógicas.

Para responder à questão central desta pesquisa e alcançar os objetivos propostos, este trabalho está organizado em seis capítulos. O primeiro capítulo, a revisão bibliográfica, explora conceitos teóricos fundamentais, como polaridade molecular, e avalia como o tema é tratado em livros didáticos e na literatura acadêmica. O capítulo destaca as lacunas e as potencialidades no ensino tradicional e defende o uso de tecnologias, como os simuladores virtuais, para promover um aprendizado mais eficaz e conectado à realidade dos estudantes. Ele é crucial para justificar a proposta metodológica da pesquisa.

O segundo capítulo introduz os referenciais teóricos que sustentam a pesquisa, com destaque para a Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004) e os fundamentos pedagógicos de Antoni Zabala (1998). Este capítulo fornece a estrutura conceitual necessária para interpretar os dados e analisar como as ferramentas hiper culturais podem mediar o aprendizado de Química.

O terceiro capítulo, fundamentos metodológicos, descreve os instrumentos e métodos utilizados para coletar e organizar os dados da pesquisa, incluindo questionários, entrevistas e técnicas como a Análise Textual Discursiva (Moraes e

Galiazzi, 2007) e Análise Gestual Descritiva (Monaghan e Clement, 1999; Stephens e Clement, 2010). A robustez metodológica apresentada é essencial para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados.

A metodologia é apresentada no quarto capítulo, com a descrição de cada uma das etapas da aplicação da sequência didática, desde o resgate de conhecimentos prévios até a avaliação dos resultados. Este capítulo detalha como o simulador virtual foi integrado à aula prática e teórica, destacando a inovação pedagógica proposta.

O quinto capítulo oferece uma interpretação detalhada dos dados coletados, analisando o impacto do uso do simulador na aprendizagem dos estudantes. Este capítulo evidencia como a tecnologia contribuiu para o desenvolvimento de habilidades como a visualização mental e a compreensão de conceitos abstratos, sendo central para validar a eficácia da abordagem.

E as considerações finais, no sexto capítulo, fazem uma reflexão sobre as contribuições da pesquisa para o ensino de Química, apontando os avanços alcançados, as limitações do estudo e sugestões para futuras investigações. Este capítulo consolida os resultados e o impacto da pesquisa na área educacional.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo explorar o tema da polaridade molecular sob diferentes perspectivas, oferecendo uma visão abrangente e fundamentada sobre o assunto. Inicialmente, serão apresentados os conceitos fundamentais relacionados à polaridade das moléculas, incluindo eletronegatividade, geometria molecular, formação de cargas parciais, vetores de momento dipolar e sua resultante, e a classificação de moléculas como polares ou apolares. Esses conceitos fornecem a base teórica necessária para compreender a importância do tema no ensino de Química.

Em seguida, será realizada uma avaliação de como os livros didáticos, aprovados no último Programa Nacional do Livro e Material Didático (PNLD) de 2021, abordam o tema.

O PNLD é uma política pública estruturante do Ministério da Educação (MEC), implementada por meio do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Seu principal objetivo é assegurar que estudantes e professores das escolas públicas de educação básica tenham acesso gratuito a livros didáticos, obras literárias, materiais pedagógicos complementares e recursos digitais. Ao promover o fornecimento sistemático desses materiais, o PNLD visa apoiar o processo de ensino-aprendizagem e garantir a equidade educacional em todo o território nacional.

Essa avaliação permite identificar lacunas, potencialidades e limitações no tratamento do conteúdo pelos materiais educacionais atualmente utilizados nas escolas.

Por fim, a revisão apresenta uma síntese de estudos recentes da literatura acadêmica que investigam abordagens pedagógicas inovadoras e práticas eficazes para o ensino de polaridade molecular.

1.1 Polaridade das moléculas

A polaridade molecular é uma propriedade fundamental da química, crucial para a compreensão de interações intermoleculares e intramoleculares que regem diversos fenômenos naturais e artificiais. Essa característica desempenha um papel essencial em áreas como química, biologia, farmacologia, ciência dos materiais e até mesmo nas ciências ambientais (Da Cunha *et al.*, 2023; Silva, 2024). A polaridade

molecular determina propriedades como solubilidade, reatividade química, comportamento em meios biológicos e a eficácia de interações moleculares específicas, como as que ocorrem em processos farmacológicos (Soeiro, 2023)

A polaridade pode ser determinada de acordo com dois critérios principais: a diferença de eletronegatividade dos átomos e a geometria molecular. Moléculas formadas por ligações entre átomos dos mesmos elementos químicos, como O_2 , H_2 , N_2 , Cl_2 , P_4 e S_8 , serão apolares, porque não há diferença de eletronegatividade entre os átomos. No entanto, se a molécula for diatômica e formada por elementos com eletronegatividades diferentes, ela será polar, como é o caso de HCl, HF, HBr e HI (Atkins e Jones, 2006). A figura 1 apresenta a ordem decrescente de eletronegatividade de alguns elementos químicos.

Figura 1 – Ordem decrescente de eletronegatividade



Fonte: Elaborado pela autora

A geometria molecular desempenha um papel essencial na distribuição dos elétrons e, conseqüentemente, na polaridade. Se a molécula for formada por três átomos ou mais, então se deve analisar cada ligação que é feita e a geometria da molécula (Atkins e Jones, 2006). Vejamos a figura 2 que nos traz como exemplo a molécula do CO_2 , uma molécula linear:

Figura 2 – Fórmula estrutural do gás carbônico



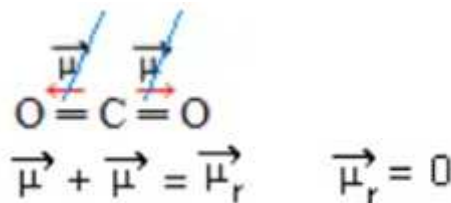
Fonte: Elaborado pela autora

Em moléculas lineares como o dióxido de carbono (CO_2), embora os átomos de oxigênio sejam mais eletronegativos que o carbono, os vetores dos momentos dipolares (μ) se anulam, fazendo com que a molécula seja apolar. Essa anulação ocorre porque os vetores possuem a mesma intensidade, mas direções opostas, resultando em um momento dipolar resultante igual a zero ($\mu_r = 0$) (Atkins e Jones, 2006).

Esse momento dipolar é indicado por setas que apontam na direção do elemento mais eletronegativo, que atrai os elétrons: $O \leftarrow C \rightarrow O$. Isso mostra que

essa grandeza é um vetor (grandeza que apresenta módulo ou intensidade, direção e sentido) (Atkins e Jones, 2006). Portanto, ele é melhor representado pela figura 3.

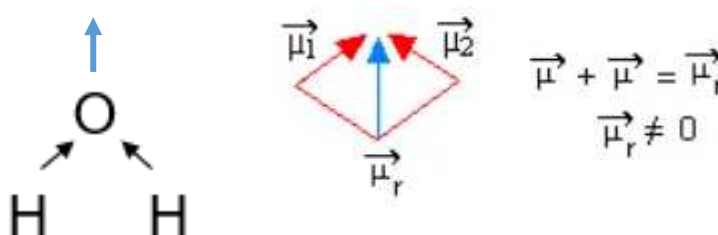
Figura 3 – Momento dipolar resultante da molécula do gás carbônico.



Fonte: Elaborado pela autora

Já em moléculas como a água (H₂O), a geometria angular e a presença de pares de elétrons não ligantes no oxigênio impedem a anulação dos vetores. Assim, o momento dipolar resultante é diferente de zero, tornando a molécula polar (Atkins e Jones, 2006). A figura 4 mostra o momento dipolar resultante da molécula de H₂O.

Figura 4 – Momento dipolar resultante da molécula de H₂O.



Fonte: Elaborado pela autora.

Do ponto de vista teórico, a polaridade está diretamente relacionada à distribuição desigual de elétrons em uma molécula, devido às diferenças de eletronegatividade entre os átomos que a compõem. Essa desigualdade cria um dipolo elétrico, com cargas parciais positivas e negativas em regiões distintas da molécula. Moléculas polares, como a água, interagem fortemente com outras moléculas polares ou íons, enquanto as apolares apresentam interações limitadas nesses contextos (Lima *et al.*, 2024).

Além de seu papel teórico, a polaridade molecular tem implicações práticas significativas. Por exemplo, a escolha de solventes em processos químicos depende fortemente da polaridade, influenciando a extração de compostos bioativos, como demonstrado em estudos com plantas medicinais, onde solventes de diferentes polaridades extraem diferentes perfis químicos (Da Cunha *et al.*, 2023). No contexto farmacológico, a polaridade de moléculas influencia sua biodisponibilidade,

permeabilidade em membranas e interações específicas com proteínas-alvo (Veloso, 2020).

A compreensão da polaridade molecular não é apenas um exercício acadêmico, mas uma ferramenta indispensável para inovações em ciência aplicada, como o *design* de novos medicamentos, o estudo de propriedades ambientais e a formulação de soluções químicas eficientes. A análise aprofundada dessa propriedade permite aos cientistas manipularem sistemas complexos, abrindo novas fronteiras no desenvolvimento de tecnologias e no avanço do conhecimento científico.

1.2 A polaridade molecular no Ensino Médio: uma revisão sobre sua abordagem nos livros didáticos

Esta seção apresenta uma revisão de como o tema polaridade molecular é abordado em livros didáticos do Ensino Médio, aprovados no último PNLD, em 2021. A revisão é importante para contextualizar e fundamentar esta pesquisa ao destacar as lacunas e potencialidades nos recursos pedagógicos disponíveis, visto que os livros didáticos são tradicionalmente muito utilizados nas salas de aula pelos professores.

Para a obtenção das informações relacionadas aos livros didáticos utilizados nesta pesquisa, foram aplicados critérios específicos que asseguraram a relevância e a confiabilidade dos dados.

Primeiramente, a busca foi direcionada a obras aprovadas no PNLD de 2021, a edição mais recente de escolha de livros didáticos para o Ensino Médio, garantindo informações atuais e alinhadas com as diretrizes da BNCC.

Os repositórios consultados incluíram o portal oficial do Ministério da Educação (MEC), fontes institucionais, sites das editoras responsáveis, como a Editora Moderna, além de buscas complementares em ferramentas online confiáveis, como o *Google Scholar*. Os termos utilizados nas buscas abrangeram palavras-chave como “polaridade molecular”, “solubilidade”, “livros didáticos de Ciências da Natureza”, “PNLD 2021” e nomes específicos de coleções ou autores, com o objetivo de identificar conteúdos diretamente relacionados ao tema.

A seguir, apresentamos uma revisão sobre como o tema polaridade molecular é abordado em sete coleções de livros didáticos aprovados na edição do PNLD de

2021. Cada obra é descrita quanto às suas características gerais e abordagem específica sobre polaridade molecular.

A coleção *Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias* (2020), de Torres *et al.*, composta de seis volumes, sendo eles: O Conhecimento Científico, Água e Vida, Matéria e Energia, Humanidade e Ambiente, Ciência, Tecnologia e Universo, e Evolução, aborda o conceito de polaridade molecular de forma implícita, relacionando-o às propriedades químicas e físicas das substâncias. Embora o índice disponível não mencione explicitamente o tema polaridade molecular, ele é tratado de forma implícita, explicando como a diferença de eletronegatividade gera dipolos elétricos em moléculas. O livro enfatiza aplicações práticas, como solubilidade, destacando a relação entre solventes e solutos polares ou apolares. Também aborda a relevância da polaridade para as propriedades únicas da água, como sua capacidade de dissolver uma ampla variedade de substâncias.

Na coleção *Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias* (2020), de Thompson *et al.*, composta de quatro volumes, sendo eles: Saúde e Tecnologia, Conservação e Transformação, Terra e Equilíbrios, e Universo, Materiais e Evolução, o conceito de polaridade molecular é abordado no contexto das propriedades químicas das substâncias e suas interações intermoleculares. O tema é explorado como fator determinante para a solubilidade, com destaque para as interações entre moléculas polares e apolares. Aplicações práticas incluem a análise das propriedades da água e sua atuação como solvente universal.

Na coleção *Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias* (2020), de Santos *et al.*, composta de seis volumes, sendo eles: O Universo da Ciência e a Ciência do Universo; Vida na Terra: Como é Possível?; Um Sistema Dinâmico de Matéria e Energia; Energia e Sociedade: Uma Reflexão Necessária; Ser Humano: Origem e Funcionamento; e Ser Humano e Meio Ambiente: Relações e Consequências; a polaridade molecular é discutida de forma implícita em tópicos que envolvem interações químicas e propriedades das substâncias. A polaridade é associada a fenômenos como solubilidade e propriedades da água, ilustrando como moléculas polares interagem com solventes. Também menciona o impacto ambiental, como a dispersão de poluentes, conectando a polaridade molecular a contextos práticos e ecológicos.

A coleção *Ciências da Natureza – Lopes & Rosso* (2020), de Lopes e Rosso, composta de seis volumes, sendo eles: Evolução e Universo, Energia e Consumo

Sustentável, Água, agricultura e uso da Terra, Poluição e Movimento, Corpo Humano e Vida Saudável, e Mundo Tecnológico e Ciências Aplicadas, aborda o conceito no contexto de formação de moléculas e forças intermoleculares. O livro destaca a relevância da polaridade molecular para a solubilidade de substâncias, utilizando exemplos como a miscibilidade de líquidos e a dissolução de compostos iônicos em água. Apresenta ainda aplicações práticas do conceito em fenômenos biológicos e ambientais.

A coleção *Matéria, Energia e Vida* (2020), de Mortimer *et al.*, composta de seis volumes, sendo eles: Origens: O Universo, a Terra e a Vida; Evolução, Biodiversidade e Sustentabilidade; Materiais, Luz e Som: Modelos e Propriedades; Materiais e Energia: Transformações e Conservação; Desafios Contemporâneos das Juventudes; e Mundo Atual: Questões Sociocientíficas, aborda a estrutura e a interação das moléculas, onde o conceito de polaridade molecular esteja incluído na discussão sobre forças intermoleculares e a química da vida. O livro também discute o papel da água na solubilidade de diferentes substâncias, com foco em sua polaridade e capacidade de dissolver compostos iônicos e polares.

Na coleção *Multiversos: Ciências da Natureza* (2020), de Godoy *et al.*, que possui seis volumes, sendo eles: Matéria, Energia e Vida; Movimentos e Equilíbrios da Natureza; Eletricidade; Origens; Ciência, Sociedade e Ambiente; e Ciência, Tecnologia e Cidadania, o tema polaridade das moléculas é abordado com o estudo dos diferentes tipos de ligações químicas, como covalente, iônica e metálica. Dentro deste escopo, a polaridade molecular é abordada por meio da diferença de eletronegatividade entre os átomos que compõem as moléculas. A polaridade das moléculas também é explorada por meio do estudo da solubilidade de diferentes tipos de solventes, destacando a água como solvente universal.

E na coleção *Ser Protagonista – Ciências da Natureza e suas Tecnologias* (2020), de Fukui *et al.*, que possui seis volumes, sendo eles: Composição e Estrutura dos Corpos, Matéria e Transformações, Energia e Transformações, Evolução, Tempo e Espaço, Ambiente e Ser Humano, e Vida, Saúde e Genética, aborda os tópicos relacionados ao tema polaridade molecular no contexto de ligações químicas e interações intermoleculares. Geralmente discutido em tópicos sobre ligações químicas, a polaridade molecular é explicada a partir das diferenças de eletronegatividade entre os átomos e sua influência na distribuição de carga em uma molécula. Assim como nas coleções apresentadas anteriormente, a solubilidade

também é vinculada ao conceito de polaridade molecular, explicando como substâncias polares se dissolvem em solventes polares e como substâncias apolares interagem com solventes apolares.

O quadro 01 apresenta a abordagem da polaridade das moléculas nas coleções de livros analisados.

Quadro 01: Quadro comparativo sobre a abordagem da polaridade molecular nas coleções didáticas.

COLEÇÃO	ABORDAGEM DA POLARIDADE
Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias (2020)	Abordagem implícita; foca em eletronegatividade, dipolos, solubilidade e propriedades da água
Conexões – Ciências da Natureza e suas Tecnologias (2020)	Relaciona com interações intermoleculares e solubilidade; água como solvente universal
Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias (2020)	Explora fenômenos como solubilidade e impacto ambiental; contexto ecológico
Ciências da Natureza – Lopes & Rosso (2020)	Polaridade vinculada à solubilidade e miscibilidade; inclui fenômenos biológicos e ambientais
Matéria, Energia e Vida (2020)	Inclui em forças intermoleculares e química da vida; destaca solubilidade e papel da água
Multiversos: Ciências da Natureza (2020)	Explora por meio de ligações químicas e solubilidade; foca na diferença de eletronegatividade
Ser Protagonista – Ciências da Natureza e suas Tecnologias (2020)	Explica via ligações químicas e distribuição de cargas; associa à solubilidade de substâncias polares e apolares

Fonte: Elaborado pela autora

De forma geral, as sete coleções de livros estudados abordaram o tema da polaridade molecular com foco em exemplos práticos e interdisciplinares, destacando sua importância para a compreensão de fenômenos químicos, físicos e biológicos. O conceito é amplamente vinculado a temas como solubilidade, interações intermoleculares e propriedades da água. Embora o grau de detalhamento varie entre

as obras, todos buscam aproximar-se do cotidiano dos estudantes, contextualizando-o em situações práticas e fenômenos observados.

É importante destacar que os livros didáticos tratam predominantemente o tema da polaridade molecular no nível macroscópico, que aborda propriedades observáveis, como a solubilidade e o comportamento das substâncias em diferentes contextos. No entanto, a compreensão plena do conceito de polaridade molecular requer a integração dos três níveis representacionais no ensino de química: o nível macroscópico, já especificado; o nível microscópico, que explora as interações entre moléculas, incluindo forças intermoleculares, distribuição de carga e polaridade; e o nível simbólico, que utiliza representações abstratas, como fórmulas químicas, estruturas e equações, para conectar as explicações teóricas às observações práticas (Fernandes e Locatelli, 2021).

A seguir, serão apresentados diversos autores que, nos últimos anos, têm se dedicado a investigar como o tema da polaridade molecular e das interações intermoleculares tem sido abordado em livros didáticos de química, aprovados pelo PNLD de 2021. As análises de Borges *et al.* (2021), Silva e Pereira (2024) e Seribeli *et al.*, (2023), apontam para a necessidade de uma abordagem mais contextualizada e experimental, evidenciando lacunas conceituais e práticas nos materiais disponíveis para o ensino de química.

No estudo de Borges *et al.*, (2021), exploraram a abordagem da polaridade molecular e das interações intermoleculares em livros didáticos de química aprovados pelo PNLD 2021, utilizando a prática da saponificação como ferramenta didática. A metodologia desenvolveu uma análise qualitativa e documental, focando em três livros didáticos por meio de uma análise textual e iconográfica, além da utilização de um experimento de saponificação para explorar, na prática, as interações moleculares. Os resultados indicaram que a explicação sobre a polaridade molecular nos livros trabalhados era limitada, muitas vezes sem conexão prática ou interdisciplinar. No entanto, uma atividade prática mostrou-se eficaz ao promover uma melhor compreensão do tema. Os autores recomendam a adoção de abordagens mais contextualizadas e a inclusão de práticas experimentais frequentes no ensino de polaridade molecular.

De forma semelhante, Silva e Pereira (2024) buscaram investigar como o tema das interações intermoleculares foi abordado em sete livros didáticos de Ciências da Natureza aprovados pelo PNLD 2021. A metodologia foi estruturada na abordagem

praxeológica de Chevallard, que analisa quatro componentes essenciais no ensino: o tipo de tarefa proposta (atividades práticas e teóricas), a técnica utilizada (estratégias para resolver essas tarefas), a tecnologia (justificativas teóricas para a aplicação das técnicas) e a teoria (princípios científicos que fundamentam as explicações). O estudo evidenciou lacunas importantes nos livros didáticos, como a ausência de explicações fornecidas sobre a relação entre polaridade molecular e propriedades físicas das substâncias. Os autores enfatizaram a necessidade de criar materiais complementares e adotar uma abordagem mais integrada entre conceitos, técnicas e experimentação para facilitar a compreensão do tema.

Por sua vez, Seribeli *et al.*, (2023) realizaram uma análise abrangente no artigo, investigando como o tema das interações intermoleculares foi abordado nos livros aprovados pelo PNLD 2021. O foco foi avaliar o conceitual, a presença de erros e a forma como os conceitos foram estruturados nos materiais analisados. A pesquisa seguiu uma abordagem qualitativa e exploratória, analisando seis livros didáticos. Os aspectos investigados incluíram a apresentação de conceitos como polaridade molecular e forças intermoleculares, o uso de parâmetros moleculares (como geometria e distribuição de cargas) e a proposta de experimentos e atividades práticas para ilustrar o tema.

As contribuições da literatura indicaram que os livros didáticos desenvolvidos abordaram as interações intermoleculares de forma predominantemente descritiva e classificatória, sem explorar especificamente a conexão entre polaridade molecular e propriedades macroscópicas das substâncias. Além disso, os autores apontaram a falta de explicação mais desenvolvida sobre a universalidade das forças de *London* e sugeriram que futuras edições dos materiais didáticos abordem o tema de forma mais integrada e experimental.

De acordo com os autores apresentados, uma abordagem frequente nos livros didáticos é a introdução da polaridade molecular no contexto do tema da “solubilidade”, muitas vezes utilizando técnicas de separação de misturas, como cromatografia e extração por solventes, para demonstrar como a diferença de polaridade entre substâncias permite a realização dessas técnicas analíticas, visto que a polaridade dos compostos químicos desempenha um papel fundamental em técnicas analíticas e de separação.

Conforme Lima (2024), na Cromatografia de Camada Delgada (CCD), a interação entre os analitos e as fases estacionária e móvel é fortemente influenciada

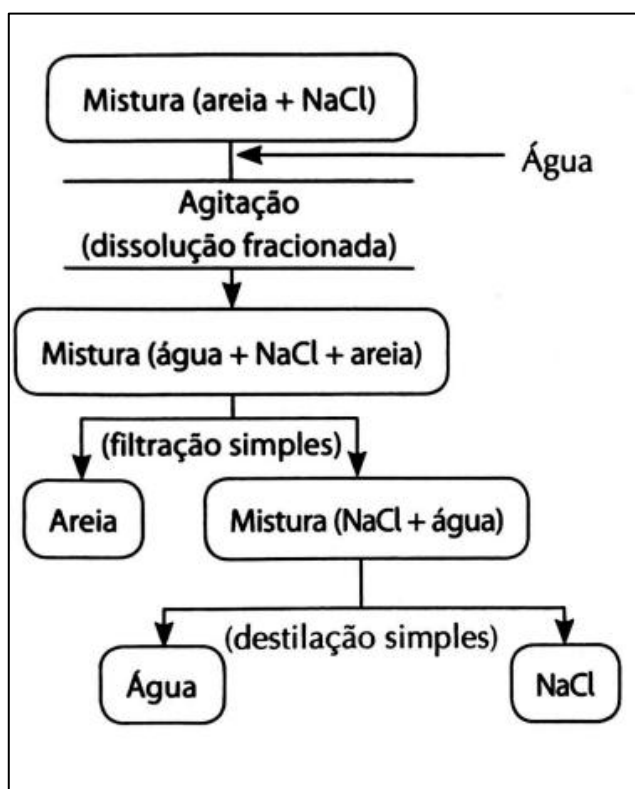
pela polaridade, permitindo a separação eficaz de compostos, como pigmentos extraídos de plantas. De forma semelhante, na cromatografia de coluna, os compostos mais polares interagem mais intensamente com a fase estacionária, enquanto os menos polares migram mais rapidamente, resultando em diferentes tempos de retenção.

Essa mesma lógica se aplica à extração por solventes, onde, como destacado por Lima (2024), o princípio de "semelhante dissolve semelhante" orienta que as substâncias polares tendem a se dissolverem em solventes polares, enquanto as substâncias apolares requerem solventes apolares.

Essa abordagem prática, ainda que limitada em materialidade, reflete o alinhamento com as diretrizes da BNCC, ao enfatizar a integração de conceitos científicos e sua aplicação prática, promovendo a compreensão por meio da observação de fenômenos experimentais e do estímulo à análise contextualizada.

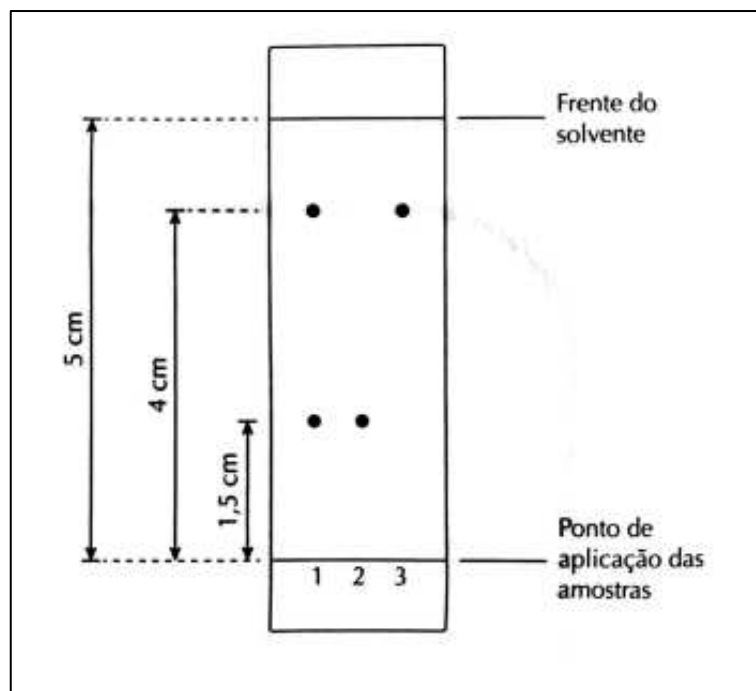
A figura 5 apresenta um fluxograma da separação dos componentes de uma mistura de NaCl e areia, apresentado pelo livro *Ciências da Natureza – Lopes e Rosso* (2020), no volume *Mundo Tecnológico e Ciências Aplicadas*, desta mesma coleção.

Figura 5 – Fluxograma do procedimento usado para a separação e recuperação dos componentes de uma mistura de NaCl e areia.



O mesmo livro apresenta também uma figura (figura 6) da representação esquemática da técnica de separação Cromatográfica de Camada Delgada.

Figura 6 – Representação esquemática do cromatograma obtido por CCD, para análise de uma amostra de medicamento.



Fonte: Ciências da natureza: Lopes e Rosso, 2020

Embora as coleções de livros didáticos analisadas abordem o conceito de polaridade molecular de forma coerente e conectada a fenômenos do cotidiano, como solubilidade e propriedades da água, há uma limitação significativa na profundidade conceitual e na abordagem experimental do tema. As pesquisas citadas na literatura, como os estudos de Borges *et al.* (2021), Silva e Pereira (2024) e Seribeli *et al.* (2023), evidenciam lacunas importantes no tratamento do conceito nos materiais didáticos aprovados pelo PNL D 2021, destacando a ausência de conexões mais profundas entre teoria e prática e a falta de exploração interdisciplinar.

Essas pesquisas apontam para a necessidade de uma abordagem mais integrada, que envolva os três níveis representacionais no ensino de Química: macroscópico, microscópico e simbólico, de modo a promover uma compreensão mais robusta do conceito de polaridade molecular (Fernandes e Locatelli, 2021).

Além disso, práticas experimentais, como a cromatografia e a saponificação, são sugeridas como alternativas didáticas promissoras para potencializar o aprendizado, facilitando a compreensão das interações moleculares e suas

implicações em processos químicos e biológicos. Desse modo, tanto os livros didáticos quanto as pesquisas científicas convergem na necessidade de ampliar as estratégias de ensino, combinando teoria, experimentação e tecnologia para uma abordagem mais contextualizada do tema.

Ao explorar como os livros didáticos abordam o conceito de polaridade molecular, um tema muito abstrato, este estudo fornece subsídios para entender como a abordagem tradicional pode ser complementada ou transformada com práticas pedagógicas inovadoras, como o uso de ferramentas hiper culturais, por meio das simulações computacionais.

1.3 As contribuições na literatura para o ensino da polaridade molecular

Os artigos e estudos indicados neste capítulo foram identificados utilizando bases acadêmicas amplamente reconhecidas, como *Google Scholar*, repositórios institucionais, Centro de Informação de Recursos Educacionais (ERIC), *Scopus*, *Web of Science*, a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e revistas científicas especializadas em ensino de ciências e química. Os critérios de seleção incluíram a relevância temática (ensino de polaridade molecular e práticas pedagógicas inovadoras), período de publicação recente (2021-2024) e acesso a estudos revisados por pares. Esses critérios garantiram que as informações fossem atualizadas e diretamente aplicáveis ao tema proposto.

A seguir, apresentamos uma revisão dos estudos selecionados, destacando suas contribuições para o aprimoramento do ensino de polaridade molecular e práticas pedagógicas relacionadas.

Há muitas contribuições na literatura sobre o ensino da polaridade das moléculas, e esta revisão bibliográfica complementa de forma significativa o estudo já realizado sobre os livros didáticos. Essa conexão fornece uma compreensão mais aprofundada sobre como esses conceitos são ensinados, destacando tanto as estratégias utilizadas quanto as lacunas existentes.

A revisão aqui realizada dos livros didáticos revelou que o ensino da polaridade molecular está exclusivamente relacionado a três temas principais: solubilidade, interações intermoleculares e propriedades da água.

A revisão da literatura científica, corrobora esta observação, destacando como essas conexões são tratadas em contextos didáticos mais dinâmicos, como em

sequências didáticas investigativas, representações visuais e experimentais.

A seguir serão apresentados estudos recentes, que têm destacado a importância de metodologias práticas e investigativas para superar desafios no ensino da polaridade molecular e promover uma aprendizagem mais significativa.

A pesquisa de Gomes (2023) demonstrou, por meio da aplicação de uma sequência didática investigativa, que atividades práticas sobre solubilidade aumentam significativamente a compreensão dos alunos sobre polaridade molecular, solubilidade de compostos orgânicos e interações intermoleculares, temas que os livros didáticos também abordam, mas, segundo a autora, frequentemente sem exemplos experimentais suficientes.

Assunção e Barros (2021) elaboraram e aplicaram uma proposta didática pautada na metodologia de resolução de problemas (RP) articulada a experimentos investigativos em duas turmas do terceiro ano do ensino médio. A temática escolhida foi a qualidade da gasolina como ponto de partida para abordagem dos conteúdos solubilidade e polaridade das moléculas. Foi observado que a metodologia RP contribuiu para que os estudantes vinculassem os conceitos químicos ao seu dia a dia, articulassem a dimensão teórica do conhecimento químico com o aspecto fenomenológico e desempenhassem um papel ativo dentro do processo de construção do conhecimento científico.

De forma similar, o trabalho de Assis *et al.* (2021) realizado com estudantes da Educação do Campo, mostrou que práticas qualitativas e atividades contextualizadas, como experimentos relacionados ao pH e à polaridade, podem facilitar o aprendizado ao conectar os conteúdos químicos à realidade campesina.

O estudo de Silva e Rosa (2023) evidenciou que a utilização de casos reais, como histórias envolvendo sabão, gordura e tinta pode potencializar a compreensão do conteúdo sobre interações intermoleculares. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do Ensino Médio.

Martírios (2019) desenvolveu uma sequência didática que foi conduzida por meio de uma pesquisa de natureza exploratória e qualitativa, estruturada em dois momentos principais: aulas expositivas e dialogadas e atividades práticas realizadas em laboratório sobre polaridade das ligações químicas. De acordo com o autor, os resultados foram considerados satisfatórios, evidenciando que a proposta didática contribuiu para o desenvolvimento de habilidades relevantes nos estudantes, como o pensamento crítico e a aplicação prática dos conceitos aprendidos.

Tomaz *et al* (2019) publicaram uma pesquisa onde foi desenvolvida uma proposta didática baseada na resolução de uma situação-problema para auxiliar a abordagem do conteúdo polaridade das ligações químicas, considerando a água como tema gerador. Os resultados apontaram um desempenho satisfatório, onde foi possível perceber indícios da construção de conhecimentos sobre polaridade em todos os grupos analisados.

A literatura também enfatiza as dificuldades enfrentadas pelos alunos ao transitar entre os níveis representacionais (macro, micro e simbólico). A pesquisa de Barbosa *et al.* (2021) corroborou a importância da integração desses níveis, ao demonstrar que sequências didáticas investigativas em química orgânica não apenas facilitam o diálogo entre professores e estudantes, mas também promovem o desenvolvimento cognitivo necessário para a compreensão completa dos conceitos químicos.

Além disso, o relato de experiência de Batista e Pereira (2023) mostrou que atividades experimentais no ensino de bioquímica, como a análise de proteínas e ácidos nucleicos, são eficazes para demonstrar o papel da polaridade molecular, promovendo uma aprendizagem mais concreta e compreensível.

Estudos como os de Sampaio (2023) mostram que as tecnologias educacionais ajudam a superar dificuldades conceituais, aumentando a participação e compreensão dos estudantes. O autor fez uso de abordagens gamificadas e visuais que ajudaram os estudantes a superarem barreiras conceituais sobre polaridade, forças intermoleculares e propriedades da água.

As pesquisas acadêmicas enfatizam a necessidade de vincular conceitos a aplicações práticas, como propriedades farmacêuticas ou o uso de agrotóxicos, conforme os estudos de Candido e Herbst (2022) e Liégeois *et al.* (2024), respectivamente. A combinação dessas abordagens aponta caminhos promissores para aprimorar o ensino da polaridade molecular, como a incorporação de metodologias ativas, valorização de representações visuais e tecnológicas, e a criação de contextos que conectem os conteúdos à realidade dos alunos. Essa integração é essencial para superar as lacunas existentes e promover uma educação química mais eficaz.

A revisão bibliográfica da literatura e o estudo dos livros didáticos convergem ao destacarem a relevância de temas como solubilidade, interações intermoleculares e propriedades da água no ensino da polaridade molecular.

Entretanto, a literatura amplia os horizontes ao apresentar metodologias inovadoras com abordagens investigativas, com o desenvolvimento de sequências didáticas que unem aulas tradicionais com atividades práticas em laboratórios de ciências e o uso de ferramentas hiper culturais, como simuladores computacionais e *games*.

Os livros didáticos frequentemente tratam o tema de forma mais superficial relacionados a contextos práticos, como o uso de materiais do cotidiano. Ao unir as duas perspectivas, é possível promover um ensino mais eficaz e contextualizado, que valorize tanto os fundamentos teóricos quanto as aplicações práticas.

1.4 Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

Para a elaboração desta revisão sobre o uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no ensino de Química, foram utilizados repositórios e bases de dados acadêmicas de ampla relevância e credibilidade científica. As bases escolhidas visam garantir a diversidade e a qualidade das publicações, considerando tanto periódicos revisados por pares quanto produções de universidades reconhecidas no cenário educacional brasileiro.

Dentre os repositórios utilizados, destaca-se o *Google Scholar* (*Google Acadêmico*), uma plataforma multidisciplinar que indexa uma vasta gama de artigos, teses, dissertações e trabalhos acadêmicos de diversas fontes e áreas do conhecimento. Também foi consultada a base de dados *SciELO* (*Scientific Electronic Library Online*), amplamente reconhecida por sua ênfase em publicações científicas de acesso aberto. Além disso, foram explorados repositórios institucionais de universidades brasileiras, como o Repositório da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e o Repositório da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), focando em teses e dissertações que abordam a aplicação de TDIC no contexto educacional.

Para a seleção dos artigos e publicações, adotaram-se critérios de busca rigorosos e específicos. O termo de pesquisa utilizado foi "*Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) no ensino de Química*", buscando-se publicações escritas em português, dado o interesse no contexto educacional brasileiro e nas práticas pedagógicas locais. As publicações foram filtradas pelo critério temporal,

priorizando aquelas publicadas entre os anos de 2019 e 2024, de forma a garantir a atualidade e a relevância das informações coletadas.

Outro critério essencial adotado foi a seleção de publicações provenientes de periódicos revisados por pares, garantindo que as informações utilizadas fossem de qualidade científica validada. Além disso, deu-se preferência a materiais que abordassem de forma direta o tema proposto, excluindo-se artigos que apenas tangenciassem a aplicação das TDIC no ensino de Química. Os tipos de documentos considerados foram artigos científicos, dissertações e teses que apresentassem tanto abordagens teóricas quanto práticas sobre o uso de tecnologias digitais na educação química.

A seguir, será apresentada uma revisão sobre o ensino de Química mediado por TDIC, destacando como a Teoria da Mediação Cognitiva, proposta por Souza (2004), oferece uma perspectiva teórica valiosa para a análise e compreensão do impacto dessas tecnologias no processo de ensino e aprendizagem.

As TDIC representam um conjunto de recursos tecnológicos utilizados para ampliar e facilitar o acesso ao conhecimento, especialmente no contexto educacional (Leal e Maltez, 2021). Essas ferramentas incluem desde plataformas de ensino *online*, simuladores, *softwares* educacionais, até recursos interativos como realidade aumentada e virtual.

De acordo com Leal e Maltez (2021), as TDIC têm se mostrado essenciais para a implementação de metodologias ativas, permitindo maior protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem.

Entre os tipos de TDIC, destacam-se as plataformas de gestão de aprendizagem, como o *Google Classroom* e o *Moodle*, que permitem a organização de conteúdos e a comunicação entre docentes e discentes. Outro exemplo são os simuladores e *softwares* de modelagem molecular, como o *PhET* e o *ChemCollective*, que possibilitam a realização de experimentos virtuais e a compreensão de conceitos abstratos (Leal e Maltez, 2021).

Segundo Biotto (2022), a utilização desses recursos é crescente no ensino médio, integrando-se ao material didático e promovendo o aprendizado de forma mais interativa e acessível.

No ensino de Química, as TDIC desempenham um papel fundamental ao favorecerem a visualização e a compreensão de fenômenos que não podem ser observados diretamente (Guaita e Gonçalves, 2022).

A experimentação virtual, por exemplo, possibilita simular reações químicas e explorar conceitos como estequiometria, ligações químicas e cinética (Guaita e Gonçalves, 2022). Estes autores destacam que a articulação entre experimentação e tecnologias digitais pode promover a problematização do conhecimento e a construção de uma aprendizagem significativa. Ferramentas como *ChemSketch* e *Avogadro* permitem a modelagem e visualização tridimensional de moléculas, contribuindo para o desenvolvimento da habilidade de visualização mental dos estudantes (Guaita e Gonçalves, 2022).

De acordo com Pereira e Moraes (2023), o uso de simulações e recursos digitais no ensino de Química é particularmente eficaz para abordar conceitos complexos e promover o engajamento dos estudantes. A simulação computacional, segundo os autores, enquanto ferramenta digital, é considerada uma forma de TDIC, pois amplia as possibilidades de ensino ao permitir a experimentação em um ambiente seguro e controlado, sem os riscos e custos de um laboratório físico.

A análise do uso de TDIC no ensino pode ser compreendida a partir da Teoria da Mediação Cognitiva, proposta por Souza (2004). Essa teoria destaca que os recursos tecnológicos funcionam como mediadores entre o sujeito e o objeto do conhecimento, ampliando as formas de acesso e interação com os conteúdos. No contexto da Química, essa mediação ocorre quando ferramentas digitais, como simuladores e plataformas interativas, contribuem para a construção de representações mentais dos conceitos abordados, facilitando a aprendizagem por meio de diferentes linguagens e formatos (Freitas, 2019).

Além disso, as TDIC podem ser compreendidas como ferramentas hiper culturais, um conceito que descreve tecnologias digitais que integram múltiplos modos de representação, como texto, imagem, vídeo e simulação, ampliando as possibilidades de aprendizagem (Souza, 2004). Essa abordagem não apenas complementa o ensino tradicional, mas transforma as práticas pedagógicas, permitindo uma experiência de aprendizado mais dinâmica e contextualizada (Freitas, 2019)

O desenvolvimento de *drivers* hiper culturais mediados pelo uso das TDIC, é fundamental para promover o desenvolvimento da habilidade de visualização mental

no ensino de Química (Freitas, 2019). Souza (2004) enfatiza que a habilidade de representar mentalmente estruturas e processos abstratos pode ser amplamente beneficiada pelo uso de recursos digitais, como animações interativas e modelagens 3D, que permitem aos estudantes explorarem diferentes representações de um mesmo fenômeno.

Assim, a literatura destaca que as TDIC, quando utilizadas de forma planejada e integrada ao currículo, têm potencial para transformar o ensino de Química, tornando-o mais dinâmico e acessível. As ferramentas digitais não apenas facilitam a compreensão de conceitos complexos, mas também promovem o desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais, como a visualização mental e o pensamento crítico. Dessa forma, o uso das TDIC, mediado por abordagens teóricas como a Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004), oferece novas possibilidades para a inovação no ensino de Ciências e para a promoção da aprendizagem.

1.5 A simulação virtual no ensino da Química

A educação contemporânea é profundamente influenciada pelas ferramentas hiper culturais, que são tecnologias digitais integradas à vida cotidiana, permitindo novas formas de comunicação, aprendizado e interação com o conhecimento (Souza, 2004). Os simuladores virtuais, um exemplo notável dessas ferramentas, desempenham um papel fundamental na educação atual, especialmente no ensino de ciências como a química. Por estarem amplamente presentes na vida dos alunos, essas tecnologias oferecem uma oportunidade única de transformar as práticas pedagógicas em sala de aula, promovendo um aprendizado mais significativo e conectado à realidade dos estudantes (Medeiros, 2023).

O ensino de química apresenta desafios significativos, particularmente no que se refere às representações microscópica, macroscópica e simbólica dos conceitos. Os alunos muitas vezes encontram dificuldade em conectar essas três dimensões da química, prejudicando a compreensão de conceitos essenciais. O livro didático, a lousa e o giz, apesar de serem ferramentas de mediação importantes, têm limitações em tornar visível o mundo microscópico ou em demonstrar processos dinâmicos como reações químicas e transformações energéticas (Lara e Martins, 2017).

Os simuladores computacionais surgem como uma alternativa para preencher essas lacunas, permitindo que os alunos visualizem interações em nível molecular,

realizem experimentos virtuais e explorem conceitos abstratos em um ambiente controlado e interativo. Com isso, as simulações não apenas ampliam a compreensão dos fenômenos químicos, mas também aumentam o engajamento e a motivação dos estudantes (Lara e Martins, 2017).

Esses recursos tecnológicos são bastante úteis na educação, principalmente na área de Ciências e Química, pois aprimoram as práticas de ensino e aprendizagem dos conteúdos que trazem consigo altas cargas de modelos abstratos. Entretanto, as escolas não atendem satisfatoriamente a este quesito, já que a maioria não tem estes recursos tecnológicos presentes. As possibilidades de metodologias inovadoras, técnicas e materiais de apoio são os grandes desafios que os docentes encontram para utilizar os recursos tecnológicos nas escolas (Lara e Martins, 2017).

As simulações no ensino de Química permitem aulas dinâmicas, interativas, animadas com a participação dos alunos no decorrer das aulas práticas. A atenção dos alunos é conquistada nos assuntos que são discutidos em sala, além de reforçarem os conteúdos que foram ministrados anteriormente, permitindo uma revisão de forma teórica. Algumas plataformas *web* são capazes de funcionar como um intermediário entre professores e alunos, na qual os estudantes podem resolver exercícios para fixação do conteúdo visto em sala de aula (Medeiros e Lopes, 2017).

Os conteúdos podem ser abordados tanto na forma conceitual quanto na forma procedimental. Diferentemente de como acontece na maioria das escolas, que trabalham de forma tradicional, os simuladores virtuais abordam de maneira contextualizada e interdisciplinar os conceitos e assim os estudantes tornam-se capazes de interpretar fatos científicos.

A capacidade de simulação mental dos estudantes desempenha um papel crucial no ensino de química. De acordo com Silva (2024), a simulação mental é fundamental para construir modelos dinâmicos que ajudam os alunos a visualizarem processos submicroscópicos e a conectar diferentes níveis de representação química. Essas habilidades são reforçadas quando associadas ao uso de simuladores virtuais, promovendo uma compreensão mais profunda e relevante.

Simulações mentais ajudam os alunos a compreenderem conceitos complexos importantes para a compreensão da polaridade molecular, como a eletronegatividade, a formação de cargas parciais, a geometria molecular, entre outros, proporcionando uma abordagem mais profunda e conectada com a realidade científica. Assim, a integração de simuladores virtuais e o estímulo à simulação mental são estratégias

complementares que promovem um aprendizado dinâmico.

A revisão bibliográfica a seguir apresenta diversas contribuições sobre o uso de simuladores virtuais no ensino de química, com um foco especial no uso de simuladores *PhET*. A literatura existente destaca a importância dessas ferramentas para facilitar a compreensão de conceitos complexos, promover a participação ativa dos alunos e conectar teoria e prática. Buscar pesquisas na literatura sobre esse tema é essencial para entender as melhores práticas e as estratégias mais eficazes na aplicação das simulações virtuais em contextos educacionais.

Para a seleção dos estudos que compõem este levantamento bibliográfico, foram utilizados os repositórios como o *Google Scholar*, bem como bases específicas de publicações em educação científica, repositórios institucionais, Centro de Informação de Recursos Educacionais (ERIC), *Scopus*, *Web of Science*, a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e revistas científicas especializadas em ensino de ciências e química. Os critérios de busca incluíram palavras-chave como "simuladores virtuais no ensino de química", "*PhET* no ensino de polaridade molecular" e "Tecnologias Digitais no ensino de ciências". Foram priorizados trabalhos que apresentassem aplicações práticas de simuladores no ensino de conceitos químicos, especialmente aqueles que mencionassem diretamente o simulador *PhET* ou abordagens relacionadas à Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004).

Yaipén-Gonzales e Joo (2023) realizaram uma revisão sistemática destacando como os simuladores virtuais podem facilitar a compreensão de conceitos abstratos e aumentar a motivação dos alunos no ensino de química e física. Os autores concluíram que essas ferramentas ajudam a superar as barreiras entre teoria e prática, promovendo uma aprendizagem mais integrada.

Casa-Coila e Mamani-Vilca (2023) exploraram o uso de simuladores como *PhET* e *ChemLab* no ensino de graduação em química. O estudo revelou que essas ferramentas foram eficazes para conectar teoria e prática em experimentos químicos, permitindo a realização de atividades experimentais que não seriam possíveis em laboratórios físicos convencionais.

Nechypurenko e Selivanova (2022) investigaram como laboratórios virtuais ajudaram alunos do ensino médio a resolver problemas experimentais no tema "Soluções". Os resultados indicaram que o uso de simuladores promove um aprendizado mais ativo e colaborativo, permitindo aos alunos explorar os conceitos de forma prática.

Urquizo e Sánchez (2022) analisaram a aplicação de simuladores virtuais durante a pandemia de COVID-19. A pesquisa destacou que essas ferramentas foram essenciais para manter as práticas experimentais de química, mesmo em um ambiente remoto. Os autores enfatizaram a eficácia dos simuladores em sequências didáticas para engajar os alunos.

Trindade *et al.* (2022) avaliaram o impacto de um laboratório virtual no ensino de química orgânica. O estudo mostrou que o uso de simuladores aumentou a motivação dos estudantes e permitiu a experimentação segura de reações químicas, contribuindo para um aprendizado mais ativo e eficiente.

Ferreira *et al.* (2022) focaram no uso da realidade virtual para facilitar a modelagem tridimensional de conceitos químicos complexos. Os autores concluíram que a realidade virtual ajuda os alunos a entenderem melhor fenômenos abstratos, promovendo um aprendizado mais visual e interativo.

Papadimitropoulos e Dalacosta (2021) avaliaram a combinação de ambientes virtuais e físicos utilizando Arduino no ensino experimental. O estudo revelou que essa abordagem híbrida aumentou a motivação e a participação dos alunos, tornando o aprendizado mais dinâmico.

Tsai *et al.* (2021) desenvolveram e validaram um laboratório químico virtual para o ensino fundamental. Os resultados indicaram que as simulações despertaram o interesse dos alunos em ciências naturais e promoveram a experimentação prática, mesmo em escolas com recursos limitados.

Por fim, Medeiros (2023) investigou o uso de sequências didáticas colaborativas com simuladores para ensinar conceitos como misturas e soluções. O estudo concluiu que essas estratégias promovem um aprendizado mais interativo e significativo, conectando teoria e prática de maneira eficaz.

Os estudos analisados reforçam a importância dos simuladores virtuais como ferramentas essenciais para o ensino de química. Eles ajudam a superar as limitações das abordagens tradicionais, permitindo que os alunos explorem o mundo microscópico de forma interativa, conectem teoria à prática e desenvolvam habilidades críticas para a compreensão de fenômenos químicos.

A literatura destaca que o uso integrado de simuladores em sequências didáticas cuidadosamente planejadas não só melhora os resultados de aprendizagem, mas também torna o ensino mais inclusivo e adaptado às necessidades do século XXI.

A simulação virtual facilita o trabalho do professor em sala de aula, permitindo ao estudante a construção de novas representações e novos *drivers*, *drivers* hiper culturais (Souza, 2004). Segundo a TMC (Souza, 2004) a existência desses novos *drivers* hiper culturais dota os alunos de ferramentas cognitivas que aumentam certas competências e o raciocínio.

O *software* de simulação virtual escolhido para o desenvolvimento deste estudo foi o Polaridade da Molécula, encontrado no site do projeto *PhET*, devido a sua praticidade, interatividade, por ser completo e por oferecer um pacote de simulações apropriadas para o desenvolvimento da sequência didática (*PhET*, 2022).

O projeto *PhET Interactive Simulations (Physics Education Technology)* é uma iniciativa da Universidade do Colorado, nos Estados Unidos, que oferece simulações de Matemática e Ciências de forma divertidas, interativas, grátis, baseadas em pesquisas, cujo objetivo é auxiliar professores destas áreas com um pacote de simulações.

A seguir serão apresentados alguns autores que, em suas pesquisas, testaram os diversos links de simuladores presentes no site do projeto *PhET* para o ensino de Química.

Fröhlich e Meggiolaro (2021), devido às paralisações das aulas presenciais causadas pela pandemia do vírus Covid-19, desenvolveram um guia de atividades sobre o assunto “Produtos, Reagentes e Excessos” a fim de auxiliar as aulas remotas e minimizar os prejuízos educacionais. Para abordar tal assunto, as autoras fizeram uso de simulações do simulador *PhET* Colorado. A análise dos resultados da aplicação do guia de atividade deu-se através do referencial teórico da Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004), voltada à discussão da medição hiper cultural. As autoras concluíram que, após a análise dos guias e das reflexões enviadas pelos alunos, o uso de simuladores impactou positivamente a aula sobre Reagentes, Produtos e Excessos, tornando possível a consolidação do aprendizado por sua capacidade de tornar palpáveis e visíveis conceitos explicados teoricamente.

Reis e Pena (2020) desenvolveram um trabalho, em uma escola estadual da rede pública de ensino, com o uso do simulador virtual *PhET* Colorado: *Balanceamento de Equações*. Houve a aplicação de questionários aos alunos e ao professor da sala. O estudo concluiu que o uso dos simuladores virtuais no ensino de Química tende a facilitar a aprendizagem, tornando as aulas atrativas e proveitosas para os alunos e contando, assim, com a participação efetiva destes durante as aulas.

Cunha (2021) apresentou uma proposta de sequência didática sobre os gases, tendo como objetivo trazer a vivência do laboratório dentro da sala de aula com o uso do simulador virtual *PhET Colorado*. Segundo a autora, o uso do simulador *PhET Colorado* trouxe para a sala de aula um pouco do que seria possível trabalhar em um laboratório usual, aliando a prática com a teoria, o que torna a disciplina de Química mais atrativa e divertida. Os alunos compreenderam o conteúdo de maneira mais objetiva, pois associaram o que estava sendo estudado com o seu cotidiano.

Santana *et al.* (2021) desenvolveram uma pesquisa com principal objetivo de investigar as percepções dos estudantes sobre o conhecimento e uso do simulador *PhET* no ensino de Química, explorando seu potencial como ferramenta inovadora para promover uma aprendizagem ativa e significativa, especialmente em conceitos abstratos como reações químicas e polaridade molecular. Os resultados se mostraram satisfatórios, evidenciando que o *PhET* pode ser utilizado como recurso inovador didático, despertando interesse e curiosidade, incentivando o estudante a uma aprendizagem mais ativa e significativa.

Rodrigues e Nascimento (2020) apresentaram sequências didáticas produzidas no âmbito de um Mestrado Profissional, pautadas na pesquisa intitulada “Simuladores Virtuais no Ensino de Química: uma experiência com licenciandos em Ciências Biológicas”, cujo foco foi produzir materiais que pudessem auxiliar professores a utilizarem os simuladores virtuais *PhET* no ensino de densidade, pH e polaridade. Segundo as autoras, a escolha dos simuladores virtuais pautou-se em um objeto de aprendizagem que poderia auxiliar na construção de conceitos e como uma alternativa para professores que não possuem acesso a laboratórios de ciências/química.

Vale *et al.* (2021) apresentaram a avaliação de dois softwares livres que podem ser utilizados no ensino de Química: o *Chemsketch* e *PhET Colorado*. Segundo as autoras, com a falta de laboratórios físicos em grande parte das escolas, o uso desses recursos vem no sentido de ajudar a minimizar tal contratempo, permitindo aos alunos a construção de um conhecimento significativo. À medida que seu conhecimento prévio se inter-relaciona com o que está aprendendo, a aprendizagem se torna cada vez mais dinâmica.

Prates (2021) apresentou uma proposta para o ensino de radioatividade com a utilização de simuladores virtuais. O autor desenvolveu um material (Produto Educacional) com propostas de aulas sobre radioatividade com o uso de dois simuladores, o *PhET*, da Universidade do Colorado e o *LabVirt*, da Universidade de

São Paulo (USP). Segundo o autor, é possível adicionar a utilização dos simuladores em praticamente todos os conteúdos envolvidos no ensino médio. A utilização dos simuladores pode servir como forma de avaliar o conhecimento de um determinado conteúdo aplicado a uma situação prática, ou mesmo como ferramenta de apoio para o desenvolvimento de um conteúdo.

1.6 Software de simulação virtual Polaridade da Molécula

O projeto *PhET* é disponibilizado na Internet gratuitamente e tanto o uso quanto a instalação são simples e fáceis, podendo ser executado pelos professores de Química nos laboratórios de informática das escolas.

As simulações são testadas e avaliadas de forma a verificar sua eficácia educacional. Esta verificação é feita por meio de testes que incluem entrevistas de estudantes e observação do uso de simulação em salas de aula. As simulações são escritas em linguagem Java, Flash ou HTML5, e podem ser executadas on-line ou copiadas para o computador. Todas as simulações são de código aberto (*PhET*, 2022).

Segundo o *PhET* (2022), os simuladores disponíveis são desenvolvidos usando os seguintes princípios de design:

- Incentivar a investigação científica;
- Fornecer interatividade;
- Tornar visível o invisível;
- Mostrar modelos visuais;
- Incluir várias representações (por exemplo, objeto de movimento, gráficos, números, etc.);
- Usar conexões com o mundo real;
- Dar aos usuários a orientação implícita (por exemplo, através de controles de limite) na exploração produtiva;
- Criar uma simulação que possa ser flexivelmente usada em muitas situações educacionais.

Várias ferramentas nas simulações fornecem uma experiência interativa:

- Clicar e arrastar para interagir com recursos da simulação;
- Usar controles deslizantes para aumentar e diminuir os parâmetros;
- Escolher entre as opções com botões de rádio;
- Fazer medições em seus experimentos com vários instrumentos – réguas, cronômetros, voltímetros e termômetros.

À medida que os usuários interagem com essas ferramentas eles recebem *feedback* imediato sobre o efeito das mudanças que fizeram. Isto permite-lhes investigar as relações de causa e efeito e responder à perguntas científicas através da exploração da simulação (*PhET*, 2022).

O *software* escolhido, Polaridade da Molécula, explora conteúdos de polaridade, eletronegatividade, ligações, carga parcial e dipolo elétrico.

De forma interativa, o *software* prevê a polaridade da ligação usando valores de eletronegatividade, indica a polaridade com uma seta de polos ou cargas parciais, ordena as ligações de acordo com a polaridade e indica a polaridade molecular considerando polaridade da ligação e a geometria molecular (*PhET*, 2022).

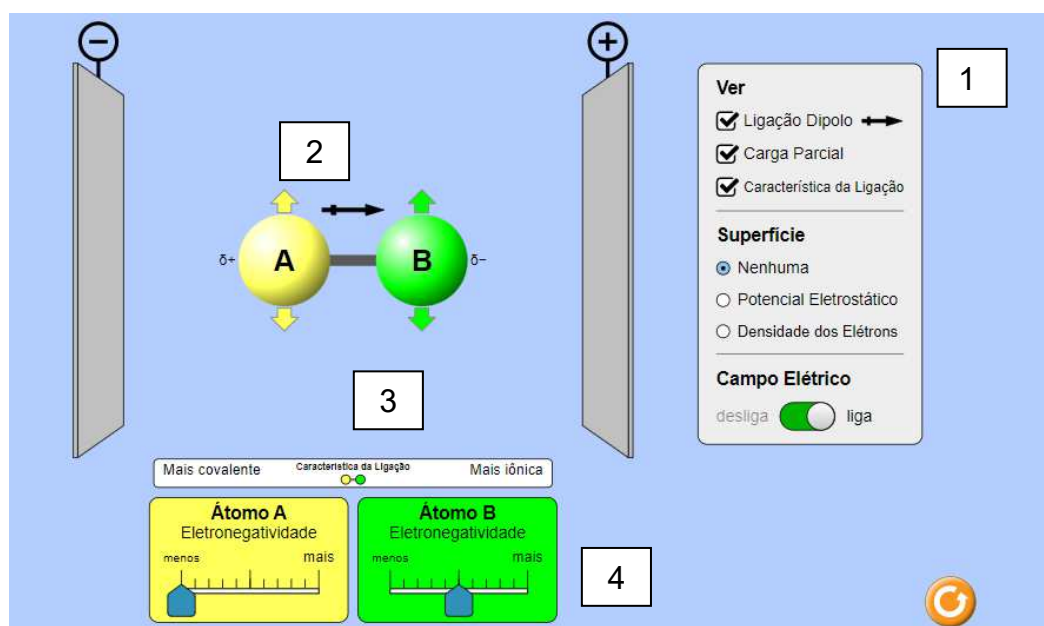
Segundo o *PhET* (2022), por meio desta interação virtual, o aluno consegue se apropriar de conceitos cruciais para o entendimento da polaridade da molécula e compreensão de como a polaridade das moléculas afeta sua reatividade e suas características físico-químicas.

Durante a navegação, o *software* apresenta ao usuário, a possibilidade de optar por moléculas com dois átomos, com três átomos ou moléculas reais. A escolha é feita de forma simples, usando o cursor.

Optando por "Dois Átomos", a próxima tela apresentará a possibilidade de o aluno prever a polaridade da molécula usando valores de eletronegatividade menores ou maiores para cada átomo. Podemos observar na figura 07, que também é visualizado, por meio de um vetor (momento dipolar $\vec{\mu}$), que os elétrons da ligação tendem a se aproximar do átomo mais eletronegativo (B), criando nele uma carga parcial negativa e, no outro átomo (A), uma carga parcial positiva. Como temos a formação de somente um momento dipolar na molécula linear, este corresponde ao momento dipolar resultante, cuja soma vetorial é diferente de zero ($\mu_R \neq 0$) e, por isso,

a molécula é polar.

Figura 07 - Simulador Virtual Polaridade da Molécula.



Fonte: Diagramado pela autora a partir da terceira tela do software Polaridade da Molécula (Projeto PhET).

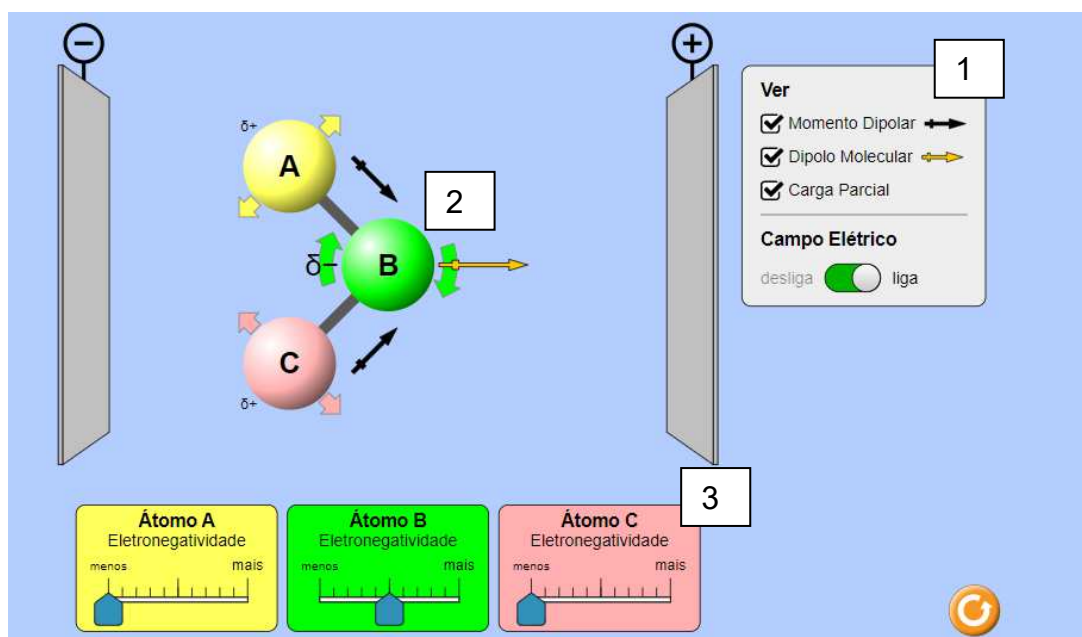
Abaixo, apresentamos uma breve descrição dos comandos e funções mais comuns disponíveis na tela mostrada na figura 07:

1. Apresenta comandos que, quando habilitados, o aluno poderá observar no modelo, respectivamente, a ligação dipolo, por meio de um vetor em direção ao átomo mais eletronegativo. Este vetor representa no modelo o momento dipolar ($\vec{\mu}$); a carga parcial, simbolizada por (+ δ) e (- δ), formada devido ao afastamento dos elétrons sempre em direção ao átomo mais eletronegativo; a característica da ligação, indicando se a ligação apresenta maior característica de ser covalente ou iônica, de acordo com a diferença de eletronegatividade dos átomos (A e B); e como a molécula construída se comporta diante da atuação de um campo elétrico.
2. Modelo molecular apresentado conforme as alterações realizadas pelo usuário.
3. Característica da ligação.
4. Escolha da eletronegatividade de cada um dos átomos envolvidos (A e B), maior ou menor. (PhET, 2022).

A figura 08 mostra a tela apresentada ao usuário caso ele faça a opção de

moléculas com três átomos.

Figura 08 - Simulador Virtual Polaridade da Molécula.



Fonte: Diagramado pela autora a partir da terceira tela do software Polaridade da Molécula (Projeto PhET).

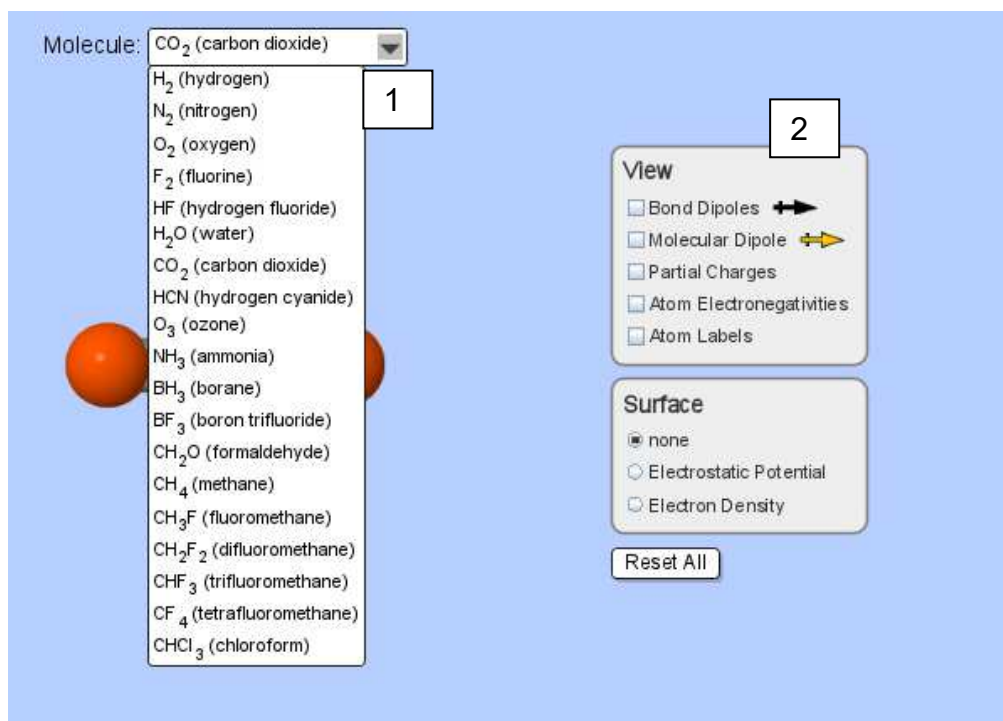
Abaixo, apresentamos uma breve descrição dos comandos e funções mais comuns disponíveis na tela mostrada na figura 08:

1. Apresenta comandos que, quando habilitados, o aluno poderá observar no modelo apresentado, respectivamente, o momento dipolar ($\vec{\mu}$), representado por um vetor em direção ao átomo mais eletronegativo; o dipolo molecular, também representado por um vetor. Este representa o momento dipolar resultante, que é a soma de todos os vetores de cada ligação. Se apresentar somatória igual à zero, a molécula é apolar, mas se der diferente de zero, a molécula é polar. Também são apresentadas as cargas parciais de cada átomo, simbolizadas por (+ δ) e (- δ), formadas devido ao afastamento dos elétrons sempre em direção ao átomo mais eletronegativo; e como a molécula construída se comporta diante da atuação de um campo elétrico.
2. Modelo molecular apresentado conforme as alterações realizadas pelo usuário.
3. Escolha da eletronegatividade de cada um dos átomos envolvidos (A, B e C), maior ou menor (PhET, 2022).

A figura 09 mostra a tela apresentada ao usuário caso ele faça a opção de

montar moléculas reais.

Figura 09 - Simulador Virtual Polaridade da Molécula.



Fonte: Diagramado pela autora a partir da terceira tela do software Polaridade da Molécula (Projeto PhET).

Abaixo, apresentamos uma breve descrição dos comandos e funções mais comuns disponíveis na tela mostrada na figura 09:

1. A diferença entre a tela apresentada anteriormente e esta são as 19 moléculas propostas como opções. Neste caso, quando o usuário escolhe a molécula, o software fornece a molécula pronta, possibilitando a ele somente a opção de visualização.
2. O aluno também terá acesso a comandos que, quando habilitados, permitirão a visualização na molécula apresentada, respectivamente, do “*Bond Dipoles*” (dipolos de ligação) que seria o momento dipolar ($\vec{\mu}$), representado por um vetor em direção ao átomo mais eletronegativo. O “*Molecular Dipole*” (dipolo molecular), também representado por um vetor. Este representa o momento dipolar resultante, que é a soma de todos os vetores de cada ligação. A “*Partial Charges*” (cargas parciais), de cada átomo, simbolizadas por (+ δ) e (- δ), formadas devido ao afastamento dos elétrons sempre em direção ao átomo mais eletronegativo. O “*Atom Electronegativities*” (eletronegatividades

atômicas) de cada átomo da molécula apresentada e “*Atom Labels*” (rótulos dos átomos) símbolos dos átomos da molécula.

Na literatura acadêmica contemporânea, observa-se um número expressivo de estudos que exploram o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no ensino de Química, com especial atenção ao emprego de softwares de simulação virtual. Esses recursos, muitas vezes classificados como ferramentas hiperculturais, têm ganhado relevância na mediação do processo ensino-aprendizagem, especialmente no contexto da educação básica. Dentre essas ferramentas, destacam-se os simuladores interativos da plataforma PhET, desenvolvidos pela Universidade do Colorado, que vêm sendo amplamente adotados em propostas pedagógicas por sua acessibilidade, interface amigável e potencial para ilustrar fenômenos químicos abstratos de forma dinâmica.

Essas tecnologias têm sido incorporadas a sequências didáticas estruturadas, permitindo aos docentes expandirem o repertório metodológico e favorecerem práticas de ensino mais interativas e significativas. Diversos estudos atestam os benefícios desses simuladores no engajamento dos alunos e na facilitação da aprendizagem de conteúdos complexos, como reações químicas, ligações covalentes e interações intermoleculares. No entanto, embora o uso geral de simuladores no ensino de Química esteja bem documentado, existe uma lacuna significativa quando se trata da aplicação específica do simulador *Polaridade da Molécula* (PhET) no ensino da polaridade molecular.

A ausência de pesquisas que explorem o *Polaridade da Molécula* em propostas didáticas evidencia uma oportunidade inédita para investigação. Este simulador, embora disponível gratuitamente e com potencial pedagógico evidente, permanece subexplorado na literatura científica, particularmente no que se refere à sua aplicação sistematizada em sequências didáticas no Ensino Médio. Além disso, não se identificam estudos que fundamentem a análise desse uso com base na Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004), referencial que destaca o papel das ferramentas culturais na formação das estruturas cognitivas dos sujeitos, especialmente em contextos mediados por tecnologias digitais.

Essa lacuna torna-se ainda mais relevante quando se considera a necessidade crescente de práticas pedagógicas alinhadas às demandas tecnológicas e às

habilidades do século XXI. A integração de simuladores como instrumentos hiper culturais — no sentido proposto por Lemos (2002) — permite não apenas a visualização de conceitos abstratos, mas também a apropriação de "drivers" cognitivos mediados pela tecnologia, que favorecem formas mais autônomas, críticas e criativas de aprender.

A presente tese, portanto, se justifica tanto por seu ineditismo quanto por sua relevância teórico-prática. Ao propor e analisar o uso do simulador *Polaridade da Molécula* em uma sequência didática estruturada sob o referencial de Zabala (1998), esta pesquisa visa não apenas preencher uma lacuna acadêmica, mas também contribuir com a formação de professores e o aprimoramento do ensino de Química. Trata-se de uma proposta inovadora que, ao articular teorias pedagógicas consolidadas com ferramentas tecnológicas contemporâneas, pretende oferecer subsídios concretos para transformar a experiência de aprendizagem em sala de aula.

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

A construção da fundamentação teórica desta tese integra a Teoria da Mediação Cognitiva, de Bruno Campello de Souza (2004), com a abordagem de sequências didáticas, de Antoni Zabala (1998). Além dessas bases teóricas principais, foram incorporados artigos e teses mais recentes, selecionados por meio de uma busca sistemática em repositórios acadêmicos o *Google Scholar*, bem como bases específicas de publicações em educação científica, repositórios institucionais, Centro de Informação de Recursos Educacionais (ERIC), *Scopus*, *Web of Science*, a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e revistas científicas especializadas em ensino de ciências e química. Essa pesquisa utilizou palavras-chave relacionadas às temáticas centrais, como "Teoria da Mediação Cognitiva", "hiper cultura", "mediação digital", "*drivers* cognitivos", "aprendizagem em Química", "ferramentas tecnológicas no ensino", "cognição em Física", "Sequências didáticas", "Zabala", "planejamento educacional", "prática docente" e "metodologias ativas".

Para a análise da Teoria da Mediação Cognitiva, de Souza (2004), os filtros aplicados priorizaram estudos publicados entre 2000 a 2024, com abordagem especial após 2004, ano de formulação da teoria original. Os critérios de seleção abrangeram publicações em português e inglês, destacando pesquisas que aplicaram essa teoria em contextos de ferramentas educacionais, particularmente em Química e Física, com ênfase no uso de tecnologias como mecanismos de mediação externa. Foram estudos privilegiados com metodologia bem delineada e que explorassem representações visuais ou abordagens didáticas específicas.

Já para a abordagem de sequências didáticas, de Zabala (1998), os filtros selecionaram trabalhos publicados entre 1990 e 2023, nos idiomas português, espanhol e inglês. Os critérios de inclusão destacaram textos que discutem diretamente o conceito de sequência didática e seu planejamento pedagógico, além de pesquisas que apresentam a aplicação prática das ideias de Zabala ou estudos empíricos e teóricos revisados por pares.

O processo de triagem inicial consistiu na avaliação dos resumos e palavras-chave dos materiais encontrados. Somente as publicações que atenderam aos critérios de inclusão foram lidas integralmente, permitindo confirmar sua relevância e qualidade. Esse critério de rastreamento garantiu uma seleção de fontes que mais se alinham aos objetivos do levantamento.

Essa abordagem metodológica permitiu compor um levantamento abrangente e fundamentado, consolidando uma base teórica robusta e prática para a pesquisa. A articulação entre a Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004) e as sequências didáticas (Zabala, 1998) reforçam o entendimento dos processos de ensino e aprendizagem mediados por tecnologias digitais, estabelecendo um alicerce sólido para a análise e aplicação no contexto investigado.

2.1 Teoria da Mediação Cognitiva

A Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), apresentada por Souza (2004), oferece um referencial teórico inovador para compreender como os dispositivos tecnológicos influenciam a cognição humana. Baseada na ideia de que a inteligência não está restrita ao funcionamento cerebral, mas é complementada por mediações externas, como ferramentas digitais e interações sociais, a TMC analisa os impactos da Hiper cultura, uma nova forma de mediação cognitiva emergente na era digital.

Bruno Campello de Souza é um psicólogo, pesquisador e teórico brasileiro, conhecido principalmente por desenvolver a Teoria da Mediação Cognitiva, proposta em sua tese de doutorado em 2004. Sua pesquisa tem foco interdisciplinar, integrando psicologia, educação, tecnologia e cognição, com o objetivo de compreender como os mecanismos externos de mediação influenciam os processos cognitivos humanos.

Souza realizou sua formação acadêmica na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde completou seu doutorado em Psicologia. Sua tese, intitulada "A Teoria da Mediação Cognitiva: Os impactos cognitivos da Hiper cultura e da Mediação Digital", explorou o impacto das tecnologias da informação e comunicação nos processos cognitivos, defendendo que a inteligência humana não se limita às capacidades do cérebro, mas é potencializada pela mediação de objetos, ferramentas, contextos sociais e culturais.

A TMC é uma abordagem teórica que busca explicar como o processamento cognitivo humano é influenciado por fatores externos, como artefatos tecnológicos e ambientes culturais. Souza (2004) argumenta que a cognição humana é composta por mecanismos internos e externos, sendo amplamente ampliada pela mediação digital, um específico amplificador na era da Hiper cultura – termo que ele utiliza para descrever os impactos da revolução digital nos hábitos, valores e lógicas socioculturais.

Sua teoria é construída sobre bases teóricas como as ideias de Jean Piaget, Lev Vygotsky, Robert Sternberg e Gerard Vergnaud, integrando princípios da psicologia cognitiva, sociocultural e da ciência da educação.

Souza contribuiu significativamente para o campo da psicologia e da tecnologia educacional. Sua teoria tem sido aplicada em diversos contextos de ensino, incluindo a Química, a Física e outras ciências, especialmente no desenvolvimento de abordagens pedagógicas que utilizam ferramentas digitais e metodologias interativas.

Estudos como os de Trevisan (2017), Meggiolaro (2020), Reis (2019), Pieper (2019), Silva e Santos (2020), Oliveira e Costa (2020) e Martins (2021), que serão apresentados na seção 2.1.2 *Contribuições da TMC para o ensino de Química e Física: uma revisão de estudos aplicados*, exploram a relação entre cognição e neurociência, buscando entender como processos internos e externos se conectam para melhorar o aprendizado.

Souza continua a ser uma figura de destaque no campo da educação e cognição, sendo frequentemente citado em pesquisas que investigam a mediação digital, o aprendizado significativo e o uso de tecnologias no ensino.

A TMC, aborda a inteligência humana como resultado não apenas do funcionamento cerebral, mas também da mediação fornecida por elementos externos, como objetos, artefatos, grupos sociais e culturais. Segundo o autor (Souza, 2004), a introdução das tecnologias digitais na sociedade gerou uma nova forma de mediação, chamada "Hiper cultura", que transforma profundamente os processos cognitivos, promovendo novas maneiras de pensar e aumentando o desempenho intelectual. Um exemplo disso pode ser observado no uso de simuladores virtuais no ensino de Química, que permitem aos estudantes visualizarem fenômenos microscópicos, como a formação de ligações químicas ou a polaridade molecular, de forma interativa e dinâmica — algo que seria difícil de alcançar apenas com descrições textuais ou imagens estáticas.

Um dos principais referenciais teóricos da TMC é Jean Piaget, cuja abordagem psicogenética sobre o desenvolvimento cognitivo é adaptada ao contexto da era digital (Piaget, 1977). Souza (2004) considera que as interações com tecnologias digitais possibilitam o surgimento de novas estruturas mentais, alinhando-se à visão de Piaget sobre como o aprendizado ocorre por meio da interação com o meio.

A teoria também dialoga com Lev Vygotsky, especialmente no que diz respeito ao papel da mediação cultural no desenvolvimento cognitivo. Segundo Vygotsky

(1984), ferramentas e contextos culturais moldam os processos mentais. Na perspectiva de Souza (2004), a Hiper cultura, enquanto sistema de mediação digital, desempenha essa função ao moldar as interações humanas e as formas de aquisição de conhecimento.

Além disso, a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) incorpora elementos da obra de Robert J. Sternberg (1984), especialmente sua visão sobre a inteligência prática, que é a capacidade de resolver problemas do cotidiano e adaptar-se às demandas do ambiente. No contexto da TMC, as tecnologias digitais são vistas como ferramentas mediadoras que ampliam essa inteligência prática, ao facilitar a resolução de problemas complexos e a adaptação ao mundo contemporâneo, cada vez mais tecnológico.

No ensino de Química, isso se manifesta, por exemplo, no uso de simuladores para explorar o conceito de equilíbrio químico. Ao manipular variáveis como temperatura, concentração e pressão em ambientes virtuais, os estudantes não apenas observam os efeitos dessas mudanças em tempo real, mas também desenvolvem habilidades práticas de análise e tomada de decisão, que podem ser aplicadas fora da sala de aula, em situações científicas ou industriais.

Outro exemplo é a utilização de plataformas digitais para interpretar dados experimentais. Em atividades de laboratório virtual, os alunos coletam, organizam e analisam dados quantitativos sobre reações químicas, como velocidade de reação ou rendimento, usando softwares de análise gráfica. Esse processo exige que eles transformem informações brutas em conhecimento prático — como prever tendências ou otimizar processos —, ilustrando diretamente o conceito de transformar dados em conhecimento e aplicar esse conhecimento de forma prática, conforme proposto por Sternberg e enfatizado pela TMC (Souza, 2004).

Assim, a integração das tecnologias digitais no ensino de Química não apenas transmite conteúdos, mas também desenvolve habilidades cognitivas complexas, que são fundamentais para a atuação em um mundo orientado pela inovação e pela informação.

Gerard Vergnaud (1997) também é um importante referencial teórico, principalmente com sua Teoria dos Campos Conceituais. Souza (2004) utiliza esse arcabouço para explicar como as tecnologias digitais criam e transformam campos conceituais, levando a um avanço nos processos cognitivos e no desempenho humano. Assim, o impacto das tecnologias é investigado não apenas como

ferramenta, mas como elemento transformador do pensamento.

A TMC propõe que essa interação represente um salto evolutivo nos processos cognitivos, criando condições para um aprendizado mais dinâmico e conectado. Um exemplo disso pode ser visto no uso de realidade aumentada para o estudo das estruturas atômicas ou moleculares: ao interagir com modelos tridimensionais por meio de dispositivos móveis, os estudantes não apenas visualizam os átomos e suas ligações, mas também exploram suas propriedades de forma ativa, construindo o conhecimento por meio da experimentação virtual e da manipulação direta — algo que favorece a internalização dos conceitos de maneira mais significativa. A era digital transformou profundamente a interação humana com a informação. Estudantes chegam às salas de aula com uma bagagem cultural moldada por dispositivos como *smartphones* e *notebooks*, o que requer novas abordagens no ensino e aprendizagem. A revolução digital também influenciou a maneira como percebemos o mundo, ao permitir o acesso rápido à informação por meio da Internet, promovendo uma interação constante com a tecnologia.

A Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) propõe que a interação entre sujeito e tecnologia não apenas amplia o acesso à informação, mas representa um verdadeiro salto evolutivo nos processos cognitivos. Isso ocorre porque as tecnologias digitais, ao mediar a relação do estudante com o conhecimento, transformam profundamente a forma como ele aprende, pensa e resolve problemas. Em vez de apenas memorizar conteúdos, o aluno passa a construir ativamente o conhecimento, em um processo dinâmico, interativo e conectado com a realidade contemporânea.

Um exemplo concreto desse salto pode ser observado no uso de recursos de realidade aumentada (RA) no ensino de Química, especialmente no estudo das estruturas atômicas e moleculares. Por meio de aplicativos que projetam modelos tridimensionais em dispositivos móveis, os estudantes conseguem visualizar e manipular moléculas em 3D, girando-as, aproximando-as e observando como os átomos se organizam no espaço. Em uma aula sobre polaridade molecular, por exemplo, o aluno pode explorar visualmente a assimetria na distribuição dos elétrons, percebendo como isso influencia a formação de dipolos elétricos. Essa experiência ativa e imersiva permite que conceitos abstratos, antes difíceis de entender apenas com figuras em 2D no livro, sejam internalizados com mais clareza e profundidade.

Essa forma de aprender, mediada por tecnologias que estimulam a experimentação e a autonomia, está diretamente alinhada ao que a TMC define como

um novo patamar de cognição, em que o estudante não é apenas receptor de informações, mas cocriador do conhecimento — desenvolvendo, assim, competências cognitivas mais complexas e adaptadas ao mundo digital.

Segundo Souza (2004), a Hiper cultura é o conjunto de práticas culturais e tecnológicas que emerge da era digital, caracterizada pela interconectividade global e pelo acesso irrestrito a dados. Essa configuração promove uma evolução nas capacidades cognitivas, gerando novas lógicas, valores e formas de pensamento. Tecnologias como computadores e redes sociais, por exemplo, ampliam a cognição humana ao facilitar o armazenamento, organização e comunicação de informações, transformando-as em conhecimentos práticos e aplicáveis.

Diante deste contexto, o autor desenvolve sua argumentação, discorrendo sobre a existência de uma Hiper cultura:

Logo, é possível se afirmar que, na atual Revolução Digital, testemunha-se a emergência de uma Hiper cultura, onde os mecanismos externos de mediação passam a incluir os dispositivos computacionais e seus impactos culturais, enquanto os mecanismos internos incluem as competências necessárias para o uso eficaz de tais mecanismos externos. Em termos de impactos observáveis, isso significa que todas as habilidades, competências, conceitos, modos de agir, funcionalidade e mudanças culturais ligadas ao uso de computadores e da Internet constituem um conjunto de fatores que difere substancialmente daquilo que tradicionalmente se percebe como cultura (Souza, 2004, p. 86).

Segundo Souza (2004), o uso dos dispositivos eletrônicos se dá por um processo de mediação entre os “mecanismos externos de mediação” e os “mecanismos internos de mediação”, chamada cognição extra cerebral. Os mecanismos internos são construídos com o passar do tempo e com a necessidade de aquisição de novas competências para o uso destes dispositivos. Esse processo de mediação com mecanismos externos sempre existiu, mesmo antes de pensarmos em usar computadores pessoais.

Podemos citar como exemplo quando necessitamos lembrar algo, ou mesmo uma tarefa importante, lançamos mão de processamento externo para nos auxiliar. Muitas vezes este mecanismo pode ser o próprio ambiente, como um cômodo da casa onde guardamos objetos para não esquecermos. É a interação com o ambiente, fornecendo à estrutura cognitiva uma capacidade adicional de processamento.

A grande mudança foi os mecanismos externos de mediação serem capazes de processar informações e tomar decisões independentemente – como os computadores. Tal característica trouxe uma grande revolução no processo de

mediação. A figura 10 mostra o quadro com a descrição feita por Souza (2004) das diversas formas possíveis de mediação, bem como os mecanismos envolvidos.

Figura 10 – A evolução das formas de mediação cognitiva.

Forma de Mediação	Mecanismos Externos	Mecanismos Internos	Processamento Extracerebral
Psicofísica	Física do Objeto e do Ambiente	Sistemas sensoriais	Percepção
Social	Interação em grupo	Habilidades Sociais	Percepção e memória
Cultural	Sistemas Simbólicos e Artefatos	Conhecimento Tradicional e/ou Formal	Percepção, Memória, Categorização e Aprendizagem
Hipercultural	Tecnologia da Informação	Conceitos e Habilidades do domínio da TI	Percepção, Memória, Categorização e Aprendizagem, Julgamento, Elaboração, Tomada de Decisões

Fonte: (SOUZA, 2004).

A mediação digital, por sua vez, destaca-se como uma evolução das formas psicofísicas até a Hiper cultura, representando um verdadeiro salto nas interações cognitivas humanas. Esse avanço transforma não apenas os meios de acesso ao conhecimento, mas também os próprios modos de pensar e aprender. Para que essa transição ocorra, a TMC (Souza, 2004) propõe o desenvolvimento de drivers — mecanismos internos e externos que impulsionam e sustentam as mudanças cognitivas.

Esses drivers atuam como vetores de desenvolvimento mental, que organizam a forma como o sujeito interage com o mundo e processa as informações. Eles se dividem em quatro tipos principais:

Drivers psicofísicos, ligados ao sistema sensorial e motor. Por exemplo, ao manipular objetos concretos em atividades experimentais de Química, como montar um kit molecular com esferas e hastes, o estudante ativa sentidos como o tato e a visão, fortalecendo a compreensão espacial das ligações químicas e da geometria molecular.

Drivers sociais, que dizem respeito às interações humanas. No ambiente escolar, isso se manifesta, por exemplo, quando os estudantes resolvem problemas em grupo, discutem hipóteses ou apresentam resultados de uma atividade investigativa. Essas trocas sociais promovem a aprendizagem colaborativa e o desenvolvimento da linguagem científica.

Drivers culturais, relacionados às tradições, valores e saberes formalizados. Um exemplo no ensino de Química é o domínio da linguagem simbólica (fórmulas,

equações, modelos), que exige o domínio de convenções culturais estabelecidas pela ciência e pela escola, como a tabela periódica ou as regras da nomenclatura química.

Drivers hiper culturais, próprios da era digital, que surgem a partir da interação com tecnologias avançadas. Eles se manifestam, por exemplo, quando os alunos utilizam simuladores, realidade aumentada ou inteligência artificial para resolver problemas, visualizar conceitos abstratos ou personalizar seu processo de aprendizagem. Essas ferramentas estimulam novas formas de pensamento, como a visualização mental dinâmica, o raciocínio não linear e a autonomia investigativa.

Portanto, os drivers são essenciais para compreender como os sujeitos se adaptam cognitivamente às novas formas de mediação, e como a escola pode estruturar ambientes e práticas pedagógicas que favoreçam essa evolução no modo de aprender.

O pensamento hiper cultural, conforme descrito por Souza (2004), caracteriza-se por competências como lógicas matemáticas e científicas, representações visuais e classificações sofisticadas, e algoritmos para navegar e processar grandes volumes de informações.

Essa forma de cognição foi amplificada pela revolução digital, que democratizou o acesso a computadores e à internet. Mudanças significativas nas relações sociais, culturais e de produção foram desencadeadas, exigindo habilidades específicas como navegação e interpretação de informações em ambientes digitais (Souza, 2004).

De acordo com Souza (2004), o impacto da mediação digital vai além da interação com dispositivos externos. *Drivers* internos, desenvolvidos ao longo do tempo, representam competências que permanecem mesmo após a desconexão com esses dispositivos.

Ao utilizarmos um computador para processar informações estamos utilizando-o como um mecanismo externo de mediação. Para isto é necessário construir alguns mecanismos internos que nos possibilite manusear este computador e compreender não somente o seu processamento, mas também as informações que ele está nos oferecendo (Souza, 2004).

Por fim, a TMC apresenta suporte empírico que permite compreender não apenas as mudanças nos indivíduos, mas também os desdobramentos sociais e culturais promovidos pelas tecnologias digitais.

2.1.1 Avanços na teoria após a consolidação da TMC

Será apresentado um panorama, após 2004, sobre como os estudos realizados por Souza e seus colaboradores aprofundaram a TMC, revelando seu impacto em diferentes áreas como hiper cultura, educação, consultoria e criminologia.

Souza (2006) explora os fundamentos da TMC (Souza, 2004), analisando como mecanismos externos de mediação, como a tecnologia, podem moldar e melhorar as habilidades cognitivas. O trabalho forneceu as bases teóricas para compreender a interação entre cultura e cognição, destacando que as ferramentas externas são fundamentais para a evolução do aprendizado humano.

Em 2012, Souza *et al.* exploraram a aplicação prática da TMC, investigando como a hiper cultura, caracterizada por alta conectividade e intercâmbio de informações, impacta a eficiência das práticas de consultoria organizacional. Utilizando métodos quantitativos, o estudo demonstrou que a hiper cultura promove inovações significativas, reforçando o papel da mediação cognitiva como elemento transformador nas dinâmicas profissionais.

Souza e Paula (2020) analisaram os efeitos da hiper cultura no desempenho acadêmico de estudantes de graduação. Os resultados revelaram que a interação com ambientes informacionais ricos em conectividade potencializa a inteligência informacional, facilitando o aprendizado e ampliando as capacidades cognitivas dos estudantes. Esse estudo reafirma o impacto da mediação externa na formação do conhecimento e na adaptação às demandas contemporâneas.

Em 2017, Souza *et al.* utilizaram a TMC para entender como imagens mentais influenciam a percepção do ambiente natural. A análise mostrou que a cultura e a mediação cognitiva desempenham um papel crucial na construção de representações significativas do mundo ao redor, evidenciando a intersecção entre cognição e ambiente.

Souza *et al.* (2019) destacam o potencial da TMC para a educação superior. Os autores avaliam o potencial de jogos eletrônicos como ferramentas pedagógicas. O estudo com estudantes de administração demonstrou que *videogames* não apenas aumentam a cognição, mas também promovem habilidades estratégicas e de resolução de problemas, mostrando como a mediação cognitiva pode ser aproveitada no ensino superior.

Souza *et al.* (2012) testaram os conceitos da TMC em ambientes digitais. Os

resultados confirmam que as redes de mediação cognitiva são eficazes para explicar como os indivíduos aprendem e inovam em contextos tecnológicos, reforçando a relevância da teoria para compreender a era digital.

Em 2012, Souza *et al.* mostraram como estruturas externas de mediação influenciam mudanças culturais e cognitivas em comunidades afetadas pela violência, oferecendo insights valiosos sobre os impactos psicológicos e sociais da mediação cognitiva.

Por fim, Souza *et al.* (2010) analisaram, por meio de um estudo com 1.280 estudantes brasileiros do Ensino Médio como jogos online podem aprimorar o desempenho cognitivo. Este estudo revelou que, embora os efeitos variem entre indivíduos, os jogos massivos promovem habilidades como trabalho em equipe e resolução de problemas, evidenciando o papel positivo da mediação digital.

Esses trabalhos, em conjunto, demonstram a abrangência e a profundidade da TMC, aplicando-a em contextos diversos para compreender como a interação entre cultura, tecnologia e cognição transforma a maneira como aprendemos, nos comunicamos e interagimos com o mundo.

A contribuição de Souza e seus colaboradores é essencial para desvendar os mecanismos que conectam elementos externos e internos da cognição humana, oferecendo uma perspectiva inovadora e interdisciplinar.

2.1.2 Contribuições da TMC para o ensino de Química e Física: uma revisão de estudos aplicados

A TMC (Souza, 2004) tem sido explorada em contextos educacionais, especialmente no ensino de Química e Física, oferecendo uma perspectiva teórica robusta para compreender como os mecanismos externos mediam o aprendizado.

Diversos estudos recentes abordam essa teoria e seus desdobramentos, contribuindo para a compreensão de conceitos complexos e a melhoria do ensino.

Trevisan (2017) investigou a relação entre as imagens mentais criadas por estudantes e seus perfis epistemológicos no contexto da mecânica quântica. O estudo revelou que as imagens mentais desempenham um papel fundamental na construção do conhecimento, auxiliando na interpretação de conceitos abstratos. Essa abordagem está em consonância com a ideia central da TMC, que considera a cognição como um processo mediado por ferramentas simbólicas e culturais.

Meggiolaro (2020) explorou os mecanismos externos de mediação no ensino de Física, com foco em problemas de eletrostática. Sua pesquisa demonstrou que ferramentas externas, como materiais visuais e problemas contextualizados, auxiliam os estudantes a estruturarem e resolverem questões complexas. O estudo reforçou o papel da TMC na análise das interações entre estudantes e recursos didáticos, mostrando sua eficácia para compreender os processos de aprendizagem.

Reis (2019) propôs uma abordagem didática para ensinar o efeito fotoelétrico no contexto de cursos de engenharia. Baseando-se na TMC, o estudo combina experimentos práticos e materiais visuais, melhorando a compreensão dos conceitos pelos estudantes. A pesquisa enfatizou que a TMC, integrada à Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2002), proporciona uma experiência de aprendizagem mais inserida ao cotidiano dos alunos.

Pieper (2019) examinou o uso de *softwares* de simulação computacional no ensino de conceitos de eletromagnetismo. O estudo evidenciou que as simulações digitais não apenas aumentam o engajamento dos estudantes, mas também facilitam a internalização de conceitos abstratos. A análise destacou que a TMC é essencial para interpretar como ferramentas tecnológicas podem mediar o aprendizado de maneira eficaz.

Silva e Santos (2020) analisaram como os *softwares* de modelagem molecular auxiliam na internalização de competências relacionadas à polaridade molecular, utilizando a TMC. A pesquisa demonstrou que a interação dos estudantes com tecnologias digitais promove uma compreensão mais profunda dos conceitos químicos, especialmente no que se refere às propriedades moleculares.

Oliveira e Costa (2020) investigaram a relação entre as formas de mediação, conforme os princípios da TMC e a compreensão de conceitos físicos como carga elétrica. Embora o foco tenha sido na Física, o estudo apresentou relevância nessas abordagens para o ensino da Química, mostrando como os princípios da mediação cognitiva podem ser aplicados transversalmente.

Martins (2021) fundamentou sua pesquisa em neurociência cognitiva e na TMC para analisar como representações visuais e gestos podem mediar o aprendizado de geometria molecular. O estudo relacionou os atributos do funcionamento cerebral à memória, destacando a importância de ferramentas visuais e práticas na mediação do aprendizado.

A integração de tecnologias digitais, representações visuais e abordagens

práticas reforçam o papel da mediação externa na facilitação do aprendizado, contribuindo significativamente para a inovação pedagógica e a formação de estudantes mais preparados.

A TMC, de Souza (2004), apresenta uma compreensão abrangente do impacto das tecnologias digitais na cognição humana. Ao explorar como os mecanismos internos e externos de mediação evoluíram, a TMC destaca a hiper cultura como um marco cognitivo essencial da era digital. Este modelo integra avanços teóricos e empíricos, oferecendo uma base sólida para o entendimento das transformações cognitivas e culturais promovidas pela tecnologia.

2.2 Antoni Zabala e a sequência didática: fundamentos para uma prática pedagógica transformadora

A sequência didática tem se consolidado como uma importante ferramenta pedagógica para o desenvolvimento do ensino, destacando-se pela capacidade de estruturar e articular atividades educacionais de forma para atender às necessidades específicas dos alunos. Esta revisão fundamenta a relevância e a aplicabilidade dessa estratégia para a organização do ensino e a promoção de experiências de aprendizagem enriquecedoras e transformadoras.

Antoni Zabala Vidiella é um renomado pedagogo catalão, licenciado em Pedagogia e em Filosofia e Ciências da Educação, além de doutor em Psicologia da Educação. Natural da Espanha, seu trabalho tem contribuído significativamente para a modernização e inovação da educação, tanto em seu país natal quanto em países da América Latina.

Entre os conceitos-chave promovidos por Zabala estão o ensino por competências, o currículo oculto (que aborda conteúdos factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais) e o uso da sequência didática como ferramenta para organizar o ensino. Seu trabalho enfatiza a necessidade de integrar o conhecimento em contextos históricos e sociais, promovendo uma aprendizagem mais significativa e conectada à realidade.

Antoni Zabala continua sendo uma figura influente na educação global, inspirando educadores com suas ideias inovadoras e seu compromisso com a melhoria contínua dos sistemas educacionais.

De acordo com Zabala, uma sequência didática é "um conjunto de atividades

ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos" (1998, p. 18). Esta definição destaca que a sequência didática não é apenas uma organização de tarefas, mas uma ferramenta pedagógica estratégica, concebida para atender às necessidades específicas de aprendizagem dos alunos.

Lima (2018) complementa que, para despertar maior interesse dos alunos, é fundamental que o professor conduza as aulas de forma agradável e diferenciada. Nesse sentido, a sequência didática surge como uma estratégia essencial, pois permite estruturar e orientar o ensino de maneira organizada e eficaz. Trata-se de um planejamento detalhado que garanta a progressão do aprendizado, envolvendo os alunos na compreensão ativa dos conteúdos.

Zabala (2002) apresenta a abordagem globalizadora como uma visão ampla e integrada do ensino. Afirma que, ao planejar o currículo, é fundamental que os conteúdos de diferentes disciplinas sejam organizados em torno de situações, problemas ou questões de caráter global (Zabala, 2002). Essa abordagem busca aproximar os conteúdos da realidade dos alunos, articulando-os de maneira que promovam uma visão holística do aprendizado. Segundo Zabala (2002, p. 38):

Na prática da sala de aula, o enfoque globalizador representa que, seja qual for a disciplina que se trabalha, seja qual for o conteúdo que se deseja ensinar, sempre deve apresentar-se em uma situação mais ou menos próxima da realidade do estudante e em toda a sua complexidade.

Essa abordagem propõe que os conteúdos elaborados sejam em um contexto significativo, em que os problemas identificados sirvam como ponto de partida para a aquisição de novos conhecimentos. Assim, os alunos são incentivados a resolver problemas reais e relacionar os conteúdos com sua própria experiência de vida, desenvolvendo competências transdisciplinares e disciplinares.

Trabalhar com sequência didática significa levar em compreensão os conhecimentos prévios dos alunos e envolver os profissionais na construção do aprendizado. Para Zabala (1998, p. 18), "a maneira de configurar as sequências de atividades é um dos traços mais claros que determinam as características da prática educativa". Ele enfatiza que o planejamento deve ser flexível, adaptando-se às necessidades dos alunos e aos contextos em que estão inseridos.

Além disso, Zabala *et al.* (2016, p. 78) afirmam que o planejamento das sequências didáticas deve ser estruturado de forma progressiva, com objetivos claros e regras bem definidas que articulem o funcionamento da sala de aula:

A construção e o planejamento de sequências didáticas devem se inscrever em situações de aprendizagem progressivas. Cada etapa deve estar vinculada a um objetivo claro e ser acompanhada de um contrato pedagógico que articula as regras de funcionamento da sala de aula.

Outro aspecto fundamental da abordagem de Zabala é o envolvimento ativo dos alunos. Ele acredita que o desenvolvimento eficaz de uma sequência didática depende do interesse dos alunos em realizar as tarefas propostas. Segundo Zabala *et al.* (2016, pág. 82):

Envolver os alunos em atividades de pesquisa e em projetos de conhecimento passa por uma capacidade fundamental do professor: tornar acessível e facilitar sua própria relação com o saber e com a pesquisa, encarnando um modelo plausível de aprendizagem.

Essa perspectiva reforça a importância do papel do professor como mediador e facilitador do processo de ensino-aprendizagem, estimulando nos alunos o desejo de aprender e investigar.

Zabala também destaca a importância da transdisciplinaridade no ensino. Ele acredita que, a partir de cada disciplina, é possível interagir com uma abordagem globalizadora, em que a análise de situações complexas da realidade permite a articulação de conteúdos disciplinares e transdisciplinares. Segundo Zabala (2002, p. 39):

[...] a partir de cada disciplina ou área de ensino, é possível interagir com uma abordagem globalizadora quando o ponto de partida em cada uma delas é uma situação da realidade complexa. E aproxima-nos de seu conhecimento com um ponto de ensino vista transdisciplinar, em que os conteúdos transdisciplinares (se existem para tal situação ou realidade) e os conteúdos disciplinares podem ajudar a melhorar sua compreensão.

Zabala se destaca como um dos principais nomes do ensino por competências e da sequência didática. Suas contribuições baseiam-se na integração dos saberes, na valorização dos conhecimentos dos alunos e na promoção de uma aprendizagem ativa e significativa.

A partir do enfoque globalizador, ele oferece uma visão inovadora e relevante para o ensino contemporâneo, articulando teoria e prática de forma a preparar os alunos para enfrentar os desafios do mundo real.

O referencial teórico de Antoni Zabala é de fundamental importância para esta pesquisa, pois oferece as bases conceituais para estruturar sequências didáticas que integram ferramentas hiper culturais, como as simulações computacionais, de forma planejada, articulada e relevante.

Alinhado à TMC (Souza, 2004), o uso desse referencial (Zabala, 1998) permitirá

explorar práticas pedagógicas inovadoras que respondam às demandas tecnológicas atuais, promovendo a compreensão de conceitos abstratos, como a polaridade molecular, e contribuindo para a melhoria do ensino de Química no Ensino Médio.

3 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa buscou evidências sobre o uso de ferramentas hiper culturais, como simulações computacionais, integradas a sequências didáticas estruturadas, com base no referencial teórico de Zabala (1998), e suas contribuições para a melhoria do ensino de Química. Particularmente no aprendizado de conceitos abstratos como a polaridade molecular, dentro da perspectiva da Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004).

Os instrumentos utilizados para a produção dos dados são constituídos por questionário aplicado no formato de formulário eletrônico a fim de traçar um perfil comportamental dos alunos. O pré-teste, aplicado antes da intervenção, realizada em sala de aula, com a mediação cultural e social, por meio do uso do livro didático, giz e lousa. O pós-teste, aplicado após a intervenção hiper cultural, realizada no laboratório de informática da escola, com o uso do simulador virtual *Polaridade da Molécula*; da pós-entrevista semiestruturada, para comparar a possível evolução conceitual de cada estudante, por meio de suas falas e gestos, após a intervenção hiper cultural; e do questionário que avaliou a aceitação dos alunos, com relação ao uso da ferramenta hiper cultural na aula de Química.

Durante a coleta de dados, por meio dos questionários aplicados, predominou a metodologia qualitativa, sob a forma de questões discursivas e objetivas que foram analisadas juntamente com as entrevistas semiestruturadas e gravadas em áudio e vídeo.

A seguir, serão apresentadas as principais características metodológicas que fundamentam esta pesquisa, evidenciando os aspectos que a definem como qualitativa, participativa, descritiva e estruturada como um estudo de caso. Cada uma dessas abordagens será detalhada, destacando suas contribuições para a compreensão do objeto de estudo e justificando sua escolha como estratégias metodológicas adequadas para investigar o impacto da intervenção hiper cultural no ensino de Química. Essa análise permitirá compreender como as características da pesquisa se articulam para atender aos seus objetivos e responder às questões propostas.

Em primeiro lugar, a pesquisa é qualitativa, pois privilegia a interpretação de especificidades e a compreensão profunda dos significados atribuídos aos participantes. (Denzin e Lincoln, 1994). A utilização de entrevistas gravadas, análise

das falas e gestos dos estudantes, assim como as respostas discursivas e objetivas dos testes, indica um foco na subjetividade e nos processos cognitivos individuais. Essa abordagem permite captar nuances que não podem ser reduzidas a números, sendo parte central na análise do impacto da intervenção hiper cultural (Denzin e Lincoln, 1994).

A pesquisa qualitativa é uma abordagem metodológica que busca compreender questões sociais e humanas a partir das perspectivas dos próprios sujeitos envolvidos. Diferentemente da pesquisa quantitativa, que trabalha com números e estatísticas, a qualitativa prioriza a análise interpretativa, focando nos significados e nas interações. Essa abordagem é utilizada em diversas áreas do conhecimento, como ciências sociais, educação e saúde, para investigar questões complexas que não podem ser reduzidas a variáveis numéricas (Denzin e Lincoln, 1994).

De acordo com Stake (1995), uma pesquisa qualitativa permite uma análise aprofundada dos contextos, valorizando a subjetividade dos participantes e o papel do pesquisador na interpretação dos dados. Nesse sentido, ela é especialmente útil em estudos que buscam compreender experiências individuais, processos sociais e dinâmicas culturais.

A característica participativa desta pesquisa é evidenciada pela interação direta dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem e pela atuação da pesquisadora, que também desempenhou o papel de professora da turma. A pesquisa participativa é uma abordagem metodológica que se distingue por integrar os sujeitos da pesquisa como participantes ativos em todas as etapas do processo investigativo. Fundamentada em princípios de horizontalidade e transformação social, essa metodologia tem sido amplamente empregada em diversas áreas, uma delas a educação.

A proposta de intervenção hiper cultural envolve simulações computacionais e o desenvolvimento de uma sequência didática, colocando os participantes como agentes ativos na construção do conhecimento. Essa participação foi potencializada pelo contexto em que a pesquisadora não apenas contribuiu com as atividades tradicionais em sala de aula, mas também ministrou as disciplinas no laboratório de informática, utilizando um simulador virtual. Ao desenvolver a sequência didática, aplicar os pré-testes e pós-testes e conduzir entrevistas com os estudantes, a pesquisa promoveu uma relação de troca e colaboração entre a professora-pesquisadora e os alunos, característica central das investigações participativas.

Esse envolvimento reflete os princípios de coprodução do conhecimento e horizontalidade, destacando a natureza colaborativa do estudo e alinhando-se aos fundamentos teóricos como de Kurt Lewin (1946), que enfatizam a construção coletiva do saber e a transformação prática.

Em relação à natureza descritiva, o estudo busca detalhar o impacto da intervenção hiper cultural sobre a evolução conceitual dos estudantes. A pesquisa não visa estabelecer relações de causa e efeito, mas sim descrever, de forma minuciosa, os efeitos observados a partir das falas, gestos e respostas dos participantes, mediante a análise da entrevista e dos questionários. Conforme destacam Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa descritiva tem como objetivo “observar, registrar, analisar e correlacionar fatos ou fenômenos (variáveis) sem manipulá-los”, permitindo uma compreensão detalhada da realidade investigada.

A pesquisa descritiva é amplamente utilizada em diversas áreas do conhecimento, sendo definida por sua ênfase em descrever as propriedades, características e particularidades de populações ou eventos. Ela não busca interferir ou manipular as variáveis, mas sim retratar de forma precisa os aspectos que compõem o objeto de estudo. Segundo Gil (2008), a pesquisa descritiva busca descrever características de personalidade ou preferências e estabelecer relações entre variáveis. Essa abordagem possibilita o levantamento detalhado de informações que auxiliam na compreensão de questões específicas.

Lakatos e Marconi (2003) também são importantes para a definição desse tipo de pesquisa, destacando que ela é fundamentada na observação, registro, análise e esclarecimento de fatos ou características, sem manipulá-los. Esses autores ressaltam a importância de uma pesquisa descritiva ser conduzida de forma sistemática e controlada, garantindo a neutralidade e a precisão na coleta de dados. Essa abordagem é essencial para garantir que as contribuições sejam representativas da realidade científica.

Portanto, uma pesquisa descritiva se revela uma ferramenta necessária para o estudo de especificidades em diferentes áreas do conhecimento.

Por fim, o estudo apresenta-se como um estudo de caso, ao delimitar seu foco a um contexto específico: o ensino de Química no Ensino Médio e o impacto da intervenção hiper cultural em um grupo particular de estudantes. Essa abordagem permite uma análise detalhada e aprofundada das especificações investigadas, respeitando as especificidades do ambiente educacional e do grupo analisado. O

estudo de caso é uma estratégia metodológica adequada para compreender características complexas em contextos reais (Yin, 2015).

O estudo de caso é uma abordagem metodológica que busca investigar especificações de forma aprofundada e contextualizada. Ele se destaca pela capacidade de operação de interações complexas dentro de um contexto específico, sendo amplamente utilizado em ciências sociais, educação, administração e outras áreas do conhecimento. Segundo Yin (2015), o estudo de caso é uma investigação empírica que analisa características contemporâneas dentro de seu ambiente real, especialmente quando os limites entre as características e o contexto não estão claramente definidos. Essa metodologia é completa para responder a perguntas do tipo “como” e “por que”, permitindo compreender os processos e dinâmicas que influenciam o objeto de estudo.

No contexto do estudo de caso, o específico investigado refere-se ao foco central da pesquisa, ou seja, as especificações ou objeto que serão analisados de forma detalhada e inserido em seu contexto. Por exemplo, em uma investigação no campo da educação, o específico investigado pode ser o processo de implementação de uma nova metodologia de ensino em uma escola. Nesse caso, o estudo não se limita a observar a metodologia em si, mas busca compreender como ela é aplicada, quais os desafios enfrentados, como os professores e alunos interagem com o método, e quais resultados ou impactos ela gera na aprendizagem dos estudantes. Essa delimitação clara do objeto de estudo é essencial para garantir a profundidade e a relevância da análise (Yin, 2015).

3.1 Fundamentação teórica para questionários aplicados como instrumentos de coleta dados

O uso de questionários em pesquisas científicas tem se consolidado como uma ferramenta essencial na coleta de dados primários, especialmente em áreas como ciências sociais, educação e saúde. Essa abordagem metodológica permite fornecer informações padronizadas sobre percepções, conhecimentos e comportamentos de um grupo de participantes, facilitando tanto análises quantitativas quanto qualitativas (Wainer, 2007; Chagas, 2000).

O questionário pode ser empregado em diferentes contextos e formatos, como questionários impressos, eletrônicos e formulários híbridos, tornando-se uma

alternativa versátil e de baixo custo para a coleta de dados (Wainer, 2007; Chagas, 2000).

Uma prática comum em pesquisas experimentais é o uso de questionários pré-teste e pós-teste. Essa abordagem consiste em aplicar um questionário antes de uma intervenção para medir o estado inicial ou conhecimento dos participantes e, após a intervenção, reaplicar o questionário para verificar possíveis mudanças ou efeitos causados pela experiência. Essa metodologia é especialmente útil em contextos educacionais, programas de treinamento e pesquisas de comportamento, permitindo uma avaliação mais precisa do impacto da intervenção (Silva, 2014).

A aplicação de questionários oferece inúmeras vantagens metodológicas. Eles permitem a coleta de dados de forma sistemática e padronizada, facilitando a análise estatística e a replicação dos estudos. Além disso, os questionários são econômicos, especialmente em seu formato eletrônico, e podem ser aplicados em larga escala, aumentando o potencial de representatividade da amostra. Outro benefício importante é a versatilidade, uma vez que podem ser utilizados para investigar uma ampla gama de tópicos e em diversas áreas do conhecimento (Costa, 2018).

Por outro lado, o uso de questionários também apresenta desafios que devem ser considerados para garantir a qualidade dos dados coletados. Um dos principais problemas são questionários com perguntas exclusivamente fechadas, que podem limitar a profundidade das informações obtidas, especialmente em pesquisas qualitativas. Outro desafio é a taxa de resposta, que pode ser baixa em questionários online, prejudicando a representatividade da amostra e a validade dos resultados (Chagas, 2000).

Em suma, os questionários, especialmente os modelos pré e pós-testes, são instrumentos valiosos para a coleta e análise de dados em pesquisas científicas. Eles não permitem apenas a medição de percepções e conhecimentos, mas também a avaliação do impacto das disciplinas em diferentes contextos. No entanto, o seu uso requer planejamento cuidadoso para garantir a qualidade e confiabilidade dos resultados. Assim, os questionários permanecem como uma ferramenta fundamental para a produção de conhecimento em diversas áreas do saber.

3.2 Fundamentação teórica para pós-entrevista: protocolo *Report Aloud*

As entrevistas semiestruturadas realizadas nesta pesquisa foram conduzidas

de forma individual, tendo como principal objetivo permitir que os estudantes explicassem como resolveram as questões do pós-teste. Por meio de falas e gestos, buscou-se identificar a presença de representações e *drivers* — prévios e novos.

Essas entrevistas foram guiadas pela professora, que utilizou questionamentos direcionados às tarefas do pós-teste para aprofundar a compreensão do raciocínio e das estratégias empregadas pelos alunos.

A entrevista semiestruturada é um instrumento de coleta de dados qualitativos amplamente utilizado em pesquisas que buscam compreender percepções, experiências e processos de pensamento dos participantes. Ela combina elementos de entrevistas estruturadas e não estruturadas, caracterizando-se por ter um roteiro previamente elaborado, mas permitindo flexibilidade para que o entrevistador explore temas emergentes ao longo da conversa (Minayo, 2014).

Embora as questões centrais sejam previamente definidas, a abordagem é aberta o suficiente para que novas questões possam surgir, permitindo uma investigação mais aprofundada de tópicos que emergem durante o diálogo (Flick, 2009). Essa abertura é especialmente útil em pesquisas que envolvem a compreensão de conceitos complexos ou experiências subjetivas, como a percepção de conceitos científicos ou o uso de tecnologias educacionais (Kvale, 1996).

A flexibilidade das entrevistas semiestruturadas também permite que o entrevistador ajuste a sequência das perguntas ou reformule os questionamentos de acordo com as respostas dos participantes. Segundo Bogdan e Biklen (1994), esta abordagem promove um diálogo mais natural e estimula a participação ativa do entrevistado, o que pode revelar aspectos inesperados e relevantes para a pesquisa. No entanto, essa mesma flexibilidade exige habilidades do entrevistador para manter o foco nos objetivos do estudo e evitar desvios excessivos (Minayo, 2014).

Entre as principais vantagens da entrevista semiestruturada está a possibilidade de explorar em profundidade os específicos treinados, favorecendo a compreensão de significados subjetivos e contextuais (Flick, 2009). Contudo, apresenta também desafios metodológicos, como a dificuldade na sistematização e análise dos dados, dado o caráter diversificado e expansivo das respostas (Kvale, 1996).

As entrevistas semiestruturadas realizadas nesta pesquisa foram conduzidas conforme o protocolo *Report Aloud* (Ramos, 2015), uma versão adaptada da técnica *Think Aloud* (Van Someren; Barnard; Sandberg, 1994).

Frequentemente referida como "pensar em voz alta", o protocolo *Report Aloud* (Ramos, 2015) é uma metodologia de pesquisa qualitativa amplamente utilizada para investigar os processos cognitivos de indivíduos durante a execução de tarefas, onde os participantes são incentivados a narrar, em tempo real ou retroativamente, os pensamentos que ocorrem enquanto realizam uma tarefa (Ramos, 2015).

Sua fundamentação teórica está enraizada nos campos da psicologia cognitiva e da educação, com ênfase na externalização do pensamento, que permite aos pesquisadores acessarem informações que, de outra forma, permaneceriam internas e implícitas (Ramos, 2015).

De acordo com Ramos (2015), a técnica considera que a externalização do pensamento é uma interação entre os sistemas internos do indivíduo e o ambiente externo, possibilitando que os pesquisadores identifiquem padrões, estratégias e dificuldades.

A técnica *Report Aloud* (Ramos, 2015) é uma metodologia robusta que tem se mostrado fundamental para investigar os processos cognitivos em contextos educacionais, particularmente no ensino de ciências. Ao permitir que os pesquisadores acessem os pensamentos e estratégias dos estudantes, ela oferece uma oportunidade valiosa para a compreensão do aprendizado e para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais eficazes. Apesar de suas limitações, sua aplicação bem conduzida pode enriquecer significativamente as análises qualitativas e informar decisões educacionais baseadas em evidências.

3.3 Fundamentação teórica para a análise gestual das entrevistas: Análise Gestual Descritiva

A Análise Gestual Descritiva, adotada por esta pesquisa, se baseia nos trabalhos de Monaghan e Clemente (1999) e Stephens e Clement (2010). É uma metodologia que valoriza a dimensão não verbal da comunicação, destacando o papel dos gestos como componentes centrais para compreender as interações humanas.

Para possibilitar a aplicação da Análise Gestual Descritiva, o instrumento utilizado para a coleta de dados foi a gravação com áudio e imagem das entrevistas, realizadas individualmente com cada estudante. Essa estratégia permitiu o registro detalhado não apenas das falas, mas também dos gestos, expressões faciais e demais manifestações não verbais que ocorriam durante a interação. A

captação audiovisual foi fundamental para assegurar a análise minuciosa dos gestos em sincronia com o discurso verbal, possibilitando identificar nuances da construção de imagens mentais e das representações cognitivas exteriorizadas pelos alunos no momento da entrevista.

No contexto da análise de entrevistas, esse procedimento revela informações sutis que complementam, reforçam ou até contradizem o discurso verbal dos participantes. Conforme afirmam Monaghan e Clement (1999), o movimento das mãos pode ser um indicador direto das imagens mentais formadas pelos indivíduos no momento da interação. Assim, o gesto torna-se uma via para exteriorizar os processos cognitivos que ocorrem internamente.

De acordo com Monaghan e Clemente (1999), existem dois tipos básicos de gestos vinculados às imagens mentais. A primeira descreve imagens mentais dinâmicas, associadas a situações de movimento. O segundo está relacionado a imagens mentais estáticas, que representam situações de segurança ou estabilidade.

Stephens e Clement (2010) identificaram três categorias principais de gestos descritivos, cada uma com uma função distinta, os gestos indicativos de forma (G-S), os indicativos de movimento (G-M) e os indicativos de força (G-F).

Os gestos indicativos de forma (G-S) representam a forma de objetos e são frequentemente evidências de imagens mentais estáticas. Por exemplo, o uso das mãos para delinear o contorno de uma estrutura molecular indica como os estudantes visualizam o objeto em sua mente.

Os gestos indicativos de movimento (G-M) indicam o movimento de um objeto, sugerindo que o estudante utiliza imagens mentais animadas para representar fenômenos dinâmicos. Por exemplo, simular o movimento de partículas em um campo elétrico com as mãos demonstra a habilidade de animar mentalmente o comportamento das partículas.

E por fim, os gestos indicativos de força (G-F) representam ações de força e são frequentemente acompanhados por palavras como "puxar" ou "empurrar". Esses gestos mostram que o estudante está não apenas visualizando, mas também incorporando elementos cinestésicos em suas imagens mentais. Um exemplo seria simular o empuxo de um campo gravitacional por meio de movimentos com as mãos.

Em situações de entrevista, isso é especialmente relevante, pois os gestos realizados pelos entrevistados refletem frequentemente o conteúdo de suas estruturas cognitivas. Na presente pesquisa, foi possível identificar e relacionar esses gestos aos

conhecimentos implícitos dos participantes, denominados *drivers* — elementos estruturais na cognição que orientam a forma como o conhecimento é organizado e expresso (Souza, 2004).

Portanto, a Análise Gestual Descritiva (Monaghan e Clement, 1999); (Stephens e Clement, 2010) oferece uma abordagem consistente para compreender as interações humanas e os processos cognitivos. Ela amplia as possibilidades interpretativas, demonstrando como o verbal e o não verbal se complementam para formar um quadro mais completo da comunicação e do pensamento humano.

Conforme Monaghan e Clement (1999), o movimento das mãos pode ser indicador das imagens mentais que os entrevistados têm no instante em que respondem a uma questão. O gesto é uma forma de externar o que se passa na mente em dado momento.

Os gestos descritivos oferecem evidências tangíveis do uso de imagens mentais pelos estudantes. Eles são ferramentas essenciais para traduzir conceitos abstratos em representações concretas e dinâmicas. Ao compreender e analisar esses gestos, educadores podem acessar o raciocínio dos alunos de forma mais profunda, identificando como eles simulam mentalmente e compreendem fenômenos científicos (Stephens e Clement, 2010).

A Análise Gestual Descritiva, assim, não só auxilia na avaliação do entendimento conceitual, mas também na promoção de práticas pedagógicas que encorajam o uso de representações visuais e mentais como parte do aprendizado científico.

3.3.1 A importância da técnica Report Aloud e das Análises Gestuais Descritivas nas pesquisas em ensino de Ciências

No campo do ensino de ciências, compreender os processos cognitivos dos estudantes é essencial para aprimorar metodologias pedagógicas e aprofundar o entendimento sobre como o aprendizado ocorre (Ramos, 2015). Nesse contexto, a técnica *Report Aloud* (Ramos, 2015) tem se destacado como uma ferramenta eficaz para acessar os pensamentos dos participantes enquanto realizam tarefas específicas. Quando combinada com Análises Gestuais Descritivas (Monaghan e Clement, 1999), esta técnica oferece uma visão mais abrangente e detalhada dos processos de raciocínio e aprendizado, permitindo capturar aspectos tanto verbais

quanto não-verbais que enriquecem as interpretações dos pesquisadores. Essa combinação assegura maior robustez às conclusões, ao capturar nuances que poderiam passar despercebidas na verbalização (Denzin, 1978).

Segundo Denzin (1978), a triangulação permite identificar convergências e divergências entre as verbalizações dos participantes e suas manifestações gestuais, como movimentos, posturas e expressões faciais. Essas interações revelam camadas adicionais de significado que, isoladamente, poderiam não ser capturadas.

Trabalhos como os de Ramos (2015), Wolff (2015) e Trevisan (2016) exploraram essas abordagens de maneira inovadora, proporcionando contribuições significativas.

Ramos (2015) investigou a eficácia do *Report Aloud* para captar os processos de raciocínio de estudantes em situações de resolução de problemas. Durante as entrevistas, foi observado que os participantes frequentemente recorriam a gestos espontâneos para complementar suas verbalizações, especialmente em situações em que palavras não eram suficientes para explicar conceitos complexos. A Análise Gestual Descritiva (Monaghan e Clement, 1999) foi usada para validar e enriquecer as verbalizações, revelando nuances dos processos cognitivos. Os resultados mostraram que os gestos forneciam informações adicionais sobre a internalização de conceitos, contribuindo para um mapeamento mais detalhado do raciocínio dos participantes.

O estudo de Wolff (2015) adaptou a técnica *Report Aloud* (Ramos, 2015) para incluir análises verbais e gestuais no contexto da aprendizagem do modelo atômico de Bohr. Os gestos foram registrados e analisados como representações físicas dos modelos mentais construídos pelos participantes. Esse enfoque permitiu identificar associações entre os conceitos abstratos do modelo atômico e os movimentos realizados pelos estudantes. A Análise Gestual Descritiva (Monaghan e Clement 1999) demonstrou que os gestos não apenas complementavam a verbalização, mas também serviam como um mecanismo de externalização de processos cognitivos, evidenciando aprendizado significativo ao conectar ações concretas com conceitos abstratos.

Trevisan (2016) utilizou o *Report Aloud* (Ramos, 2015) para investigar as imagens mentais formadas por estudantes durante a aprendizagem de conceitos científicos. Nesse estudo, os gestos desempenharam um papel central ao permitir que os participantes externalizassem visualmente suas imagens mentais enquanto

explicavam suas respostas. A Análise Gestual Descritiva (Monaghan e Clement, 1999) revelou detalhes sobre como os estudantes representavam mentalmente conceitos abstratos e como essas representações se manifestavam em gestos. Os resultados mostraram que a integração de gestos e verbalizações forneceu uma visão rica dos processos cognitivos, contribuindo para a compreensão de como os conceitos científicos eram assimilados e expressos.

O uso dessas técnicas em pesquisas educacionais continuará a enriquecer o entendimento sobre o aprendizado, contribuindo para a criação de metodologias pedagógicas mais eficazes e centradas nos processos cognitivos dos estudantes.

3.4 Fundamentação teórica para análise dos dados coletados: Análise Textual Discursiva

Existem muitas ferramentas analíticas para utilização em pesquisas educacionais, principalmente de cunho qualitativo como esta, em todos os níveis, da Educação Básica à Superior. Nesta pesquisa foi utilizada a Análise Textual Discursiva (ATD), de Moraes e Galiuzzi (2006, 2007).

Dentre as ferramentas analíticas existentes, utilizadas para analisar a produção escrita, obtida em suas pesquisas educacionais e em todos os níveis de ensino, utilizamos, para a presente investigação, como referencial metodológico para organizar e estruturar os dados, a *Análise Textual Discursiva*, segundo Moraes (2003); Moraes, Galiuzzi e Ramos (2005) e Moraes e Galiuzzi (2006, 2007).

De acordo com esses autores, a ATD é um tipo de análise de dados qualitativa que transita entre a análise de conteúdo e análise de discurso. Segundo Moraes e Galiuzzi (2006), a partir de entrevistas e observações, a ATD vem ganhando cada vez mais destaque nas pesquisas qualitativas mediante análise vigorosa e profunda, trazendo compreensão aos fenômenos estudados.

A análise textual discursiva é descrita como um processo que se inicia com uma unitarização em que os textos são separados em unidades de significado. Estas unidades por si mesmas podem gerar outros conjuntos de unidades oriundas da interlocução empírica, da interlocução teórica e das interpretações feitas pelo pesquisador. Neste movimento de interpretação do significado atribuído pelo autor exercita-se a apropriação das palavras de outras vozes para compreender melhor o texto (Moraes e Galiuzzi, 2006).

Na ATD, os processos recursivos são mobilizados na construção de categorias para elaboração de novas compreensões, uma vez que a unitarização e a

categorização se constituem como etapas para que novas compreensões possam ser produzidas. Assim, nesse tipo de análise "não se pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las, a intenção é a compreensão" (Moraes,2003, p.191).

De acordo com Moraes e Galiuzzi (2007), a ATD é composta de três fases: a unitarização, a categorização e a captação do novo emergente. A primeira delas, a unitarização, implica em examinar os materiais em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de atingir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados. Nesta etapa, o pesquisador, após fazer uma leitura íntima e profunda dos dados de sua pesquisa os terá "recortados, pulverizados, desconstruídos, sempre a partir das capacidades interpretativas do pesquisador" (Moraes e Galiuzzi, 2006, p.132).

Para essa fase, é necessário que o pesquisador estabeleça uma relação íntima e profunda com seus dados de pesquisa, que analise as informações por várias perspectivas, e que descreva suas impressões incessantemente para construir interpretações para um mesmo registro escrito, de modo a ser possível evidenciar as unidades de significado. Em conformidade com o autor, essa primeira etapa se aproxima do caos em um processo de extrema desorganização de verdades estabelecidas.

A segunda etapa é a categorização. Nessa fase são construídas relações entre as unidades de base, combinando-as e classificando-as no sentido de compreender como esses elementos unitários podem ser reunidos na formação de conjuntos mais complexos, as categorias, ou seja, "construir relações entre as unidades de base, combinando-as e classificando-as no sentido de compreender como esses elementos unitários podem ser reunidos na formação de conjuntos mais complexos, as categorias" (Moraes, 2003, p.191).

[...] uma mesma unidade pode ser lida de diferentes perspectivas, resultando em múltiplos sentidos, dependendo do foco ou da perspectiva em que seja examinada. Por essa razão, aceitamos que uma mesma unidade possa ser classificada em mais de uma categoria, ainda que com sentidos diferentes (Moraes, 2003, p. 199).

Na terceira fase tem-se a captação do novo emergente, que é caracterizada pela construção de um metatexto que apresente uma compreensão renovada do todo. Nesta última etapa, o pesquisador deve expressar todo o seu entendimento feito a partir da análise dos dados: "O metatexto resultante desse processo representa um esforço em explicitar a compreensão que se apresenta como produto de uma nova

combinação dos elementos construídos ao longo dos passos anteriores" (Moraes, 2003, p. 191). A ATD busca identificar e evidenciar enunciados nos materiais submetidos à análise para criar categorias e, posteriormente, produzir textos descritivos e interpretativos tomando como base de elaboração o sistema de categorias construído pelo pesquisador (Moraes e Galiazzi, 2007).

[...] os metatextos são constituídos de descrição e interpretação, representando o conjunto um modo de compreensão e teorização dos fenômenos investigados. A qualidade dos textos resultantes das análises não depende apenas de sua validade e confiabilidade, mas é, também, consequência de o pesquisador assumir-se como autor de seus argumentos (Moraes, 2003, p. 202).

Em suma, em análises de produções por meio da ATD são realizados processos de desconstrução dos dados obtidos da pesquisa (unitarização) para que, a partir das relações entre os elementos unitários evidenciados pelo pesquisador, possam ser construídas categorias de análise (categorização), que possam oferecer condições necessárias para a elaboração de novas compreensões (construção dos metatextos).

[...] culmina numa produção de metatextos, pode ser descrita como um processo emergente de compreensão, que se inicia com um movimento de desconstrução, em que os textos do "corpus" são fragmentados e desorganizados, seguindo-se um processo intuitivo auto-organizado de reconstrução, com emergência de novas compreensões que, então, necessitam ser comunicadas e validadas cada vez com maior clareza em forma de produções escritas. Esse conjunto de movimentos constitui um exercício de aprender em que lançamos mão da desordem e do caos para possibilitar a emergência de formas novas e criativas de entender os fenômenos investigados (Moraes; Galiazzi, 2007, p. 74).

Dessa forma, a realidade empírica deve ser analisada a fim de obter unidades de significados que possam ser articuladas para compor categorias mais amplas de análise, ou seja, após a unitarização dos enunciados discursivos, que precisa ser feito com profundidade, devem-se articular os significados semelhantes de modo a obter categorias de análise mais abrangentes. Assim, uma análise textual busca identificar e evidenciar enunciados nos materiais submetidos à análise para criar categorias e, posteriormente, produzir textos descritivos e interpretativos tomando como base de elaboração o sistema de categorias construído pelo pesquisador (Moraes e Galiazzi, 2007).

4. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada em uma Escola Técnica (ETEC), na cidade de Palmital, no Estado de São Paulo. As ETEC do Estado de São Paulo são administradas pela autarquia Centro Paula Souza. A Sequência Didática aqui desenvolvida foi aplicada em uma sala com 40 alunos do 1º ano do Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em Administração (Período Integral). Os alunos tinham, na época, entre 14 e 16 anos, em sua maioria provenientes da rede pública de ensino da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo.

A pesquisadora é professora da disciplina de Química na referida escola e ministra aulas para esta mesma turma, o que motivou a escolha desta sala para o desenvolvimento da pesquisa. As aulas de Química foram utilizadas como base para a implementação das etapas da pesquisa. Antes do início das atividades, a direção da escola e os pais dos alunos foram informados em uma reunião bimestral, durante a qual a autorização para a pesquisa foi concedida (TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido).

Desenvolvida ao longo de 4 dias de aulas, com 2 aulas de 50 minutos cada por dia, com um total de 8 aulas, a metodologia combina aulas teóricas tradicionais, realizadas em sala de aula, e atividades práticas, desenvolvidas no laboratório de informática da escola. A instituição conta com 04 laboratórios equipados com 20 computadores e acesso à Internet, o que possibilitou a realização da intervenção de caráter hiper cultural.

Durante toda a pesquisa, os 40 estudantes participaram das atividades propostas na sequência didática, tanto na aula teórica quanto na intervenção realizada no laboratório de informática, visto que elas foram realizadas durante o horário regular da aula de Química daquela turma. No entanto, para as etapas de entrevistas e análise do uso de tecnologias e inclusão digital, por meio do formulário eletrônico, apesar de todos os alunos terem sido convidados a participar, voluntariamente fora do horário regular das aulas, apenas 7 alunos aceitaram esse convite. Entre esses 7 estudantes, havia 6 meninas e 1 menino, os quais foram identificados com a letra E seguida de um número correspondente, de E1 a E7. Para esses 7 estudantes, que participaram de todas as etapas da pesquisa, foi apresentado e assinado o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A), garantindo a transparência e o consentimento informado para a participação no estudo. A análise do formulário eletrônico, do pré-

teste, do pós-teste e entrevistas serão focados somente nesses 7 participantes, que fornecerão as principais bases para os resultados desta pesquisa.

4.1 Etapas da metodologia

A seguir, detalhamos as etapas metodológicas adotadas neste estudo.

4.1.1 Escolha do tema

A escolha do tema desta pesquisa foi motivada pela necessidade de investigar as dificuldades enfrentadas pelos estudantes no aprendizado de conceitos abstratos, como a polaridade molecular. A pesquisadora responsável por esta tese, que também é professora de Química da turma investigada, possui 17 anos de experiência docente e, ao longo de sua trajetória, tem constatado repetidamente que as metodologias tradicionais de ensino, baseadas predominantemente na mediação social e cultural, não têm sido suficientemente eficazes para promover o desenvolvimento da capacidade de visualização mental dos estudantes. Essa habilidade é fundamental para a compreensão de conceitos abstratos, pois possibilita a formação de representações mentais que facilitam a assimilação e o entendimento de características não diretamente observáveis (Silva e Rosa, 2023).

4.1.2 Escolha dos sujeitos

A escolha dos sujeitos desta pesquisa ocorreu de forma intencional, sendo selecionados os estudantes de uma turma do 1º ano do Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em Administração (Período Integral), da qual a pesquisadora responsável por esta tese também é a professora de Química, o que possibilitou a aplicação da sequência didática durante o horário regular das aulas de Química. Essa privacidade permitiu um fornecimento sistemático e contínuo do desenvolvimento dos estudantes ao longo da pesquisa, além de favorecer a coleta de dados de forma mais detalhada e contextualizada, respeitando o cotidiano escolar dos participantes.

4.1.3 *Revisão Bibliográfica*

Para embasar teoricamente o estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o ensino de conceitos abstratos em Química e as estratégias de ensino voltadas para ensinar polaridade molecular. A revisão buscou referências atualizadas e relevantes que contribuíssem para o planejamento da intervenção didática, oferecendo subsídios teóricos sólidos para a compreensão e interpretação dos resultados.

4.1.4 *Elaboração da Sequência Didática Fundamentada em Zabala*

A sequência didática desenvolvida foi fundamentada nas concepções de Zabala (1998) sobre ensino e aprendizagem. A abordagem foi planejada para promover aprendizagem considerando os diferentes níveis de complexidade do conteúdo e as dificuldades específicas dos alunos. As atividades propostas foram organizadas de forma progressiva, com o objetivo de facilitar a compreensão da polaridade molecular.

4.1.5 *Aplicação da sequência didática*

A aplicação da sequência didática ocorreu durante o horário regular das aulas de Química, contemplando todos os 40 alunos matriculados na turma. As atividades foram desenvolvidas de maneira participativa, incentivando o envolvimento ativo dos estudantes no processo de construção do conhecimento.

4.1.6 *Coleta de dados*

A coleta de dados ocorreu ao longo do desenvolvimento da sequência didática, utilizando dois instrumentos principais: questionários e entrevistas semiestruturadas. Todos os 40 estudantes participaram dos questionários, porém as entrevistas semiestruturadas foram realizadas apenas com 7 alunos, que se dispuseram a participar fora do horário regular das aulas. Esses estudantes foram codificados com a letra "E" seguida de um número, variando de E1 a E7, garantindo o anonimato e a confidencialidade das respostas.

4.1.7 Análise dos dados

A análise dos dados foi conduzida a partir das respostas fornecidas pelos 7 estudantes, que participaram integralmente das etapas de coleta de dados, sendo este o critério de escolha dos sujeitos. A abordagem qualitativa permitiu a interpretação detalhada das percepções e dificuldades relacionadas aos alunos, buscando identificar padrões e compreensões em relação ao aprendizado do conceito de polaridade molecular. Para a sistematização e estruturação dos dados, foram utilizadas duas abordagens analíticas complementares: a Análise Textual Discursiva (ATD), conforme proposta de Moraes e Galiazzi (2007), que possibilitou a fragmentação/unitarização, categorização e compreensão dos discursos dos participantes e a Análise Gestual Descritiva, fundamentada em Monaghan e Clement (1999) e Stephens e Clement (2010), voltada para a interpretação de gestos e expressões usadas pelos estudantes durante a explicitação de suas compreensões, contribuindo para a identificação de intenções de aprendizagem e representações mentais relacionadas ao tema abordado.

Essa estrutura metodológica buscou promover uma investigação profunda e detalhada sobre o tema, contribuindo para a compreensão das dificuldades enfrentadas pelos estudantes e apontando caminhos para a melhoria das práticas de ensino em Química.

4.2 Aplicação da sequência didática

O quadro 2 apresenta as etapas da Sequência Didática desenvolvida.

Quadro 2: Etapas da sequência didática desenvolvida (continua)

DIAS	ESTRATÉGIA DE AÇÃO	DURAÇÃO
Dia 1	Aula expositiva e dialogada realizada em sala de aula, a fim de resgatar os conhecimentos prévios e introduzir novos conceitos sobre polaridade das moléculas. Aplicação de formulário eletrônico para traçar um perfil comportamental dos alunos.	2 Horas/aula

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 02: Etapas da sequência didática desenvolvida (conclusão)

DIAS	ESTRATÉGIA DE AÇÃO	DURAÇÃO
Dia 2	Aplicação de um pré-teste com o propósito de avaliar os conhecimentos adquiridos e resgatados na aula anterior.	2 Horas/aula
Dia 3	Aula prática realizada no laboratório de informática com o uso do simulador virtual Polaridade da Molécula.	2 Horas/aula
Dia 4	Aplicação de dois questionários realizados no laboratório de informática da escola. O primeiro questionário com o objetivo de avaliar o conhecimento adquirido sobre polaridade das Moléculas. O segundo, com o objetivo de avaliar a aceitação dos mesmos sobre o uso da simulação virtual. Neste dia também foi realizada entrevista semiestruturada.	2 Horas/aula

Fonte: Elaborado pela autora

4.2.1 Primeiro dia de aplicação da sequência didática: resgate dos conhecimentos prévios dos sujeitos, introdução de novos conceitos sobre o tema e levantamento do perfil comportamental dos alunos

No primeiro dia de desenvolvimento da Sequência Didática, foi realizada uma aula expositiva e dialogada, durante o horário da aula semanal de Química, com a participação de todos os 40 alunos da turma e sob a condução da professora titular da sala, que também é a pesquisadora responsável por esta investigação. A aula teve uma dinâmica tradicional (expositiva, dialogada), com o objetivo de rever conceitos fundamentais para a compreensão da polaridade das moléculas e introduzir novos conceitos essenciais sobre o tema.

Como instrumentos de mediação cultural, foram utilizados a lousa, o giz, os livros didáticos e os slides previamente preparados pela professora. A mediação social também esteve presente, com interações entre os alunos e entre estes e a professora. Neste mesmo dia, também foi aplicado um questionário, em formato de formulário eletrônico (Apêndice B), com o objetivo de traçar um perfil comportamental dos alunos.

4.2.2 Segundo dia de aplicação da sequência didática: avaliação dos conhecimentos prévios dos alunos e conhecimentos adquiridos

No segundo dia do desenvolvimento da Sequência Didática, foi aplicado aos alunos um pré-teste (Apêndice C) com quatro questões, onde os estudantes, antes de

terem contato com o software de simulação virtual, tiveram que representar, por meio de ilustrações, algumas moléculas propostas por meio de modelos que ilustram a carga parcial, o vetor momento dipolar e o vetor momento dipolar resultante, conhecimentos importantes sobre o tema polaridade das moléculas. Também foi solicitado aos estudantes que eles classificassem as moléculas, por elas representadas, como polares ou apolares. Neste pré-teste também foi avaliado o conhecimento dos alunos sobre ligação de hidrogênio.

Por meio da análise qualitativa das respostas dos alunos ao pré-teste, foi possível avaliar o nível de compreensão que eles possuíam sobre os conceitos anteriormente citados. A utilização da Análise Textual Discursiva (Moraes e Galiuzzi, 2007) possibilitou a construção de categorias emergentes relacionadas à polaridade molecular, permitindo identificar, de forma específica, o conhecimento prévio dos alunos sobre esses conceitos antes de qualquer intervenção hiper cultural.

4.2.3 Terceiro dia de aplicação da sequência didática: aula prática com simulador virtual como intervenção hiper cultural

No terceiro dia do desenvolvimento da Sequência Didática, foi realizada uma aula prática no laboratório de informática da escola, uma intervenção hiper cultural, utilizando como ferramenta hiper cultural o simulador virtual Polaridade da Molécula. Nesta aula prática os alunos receberam instruções sobre a utilização do software, que lhes permitiu explorar conteúdos de polaridade, eletronegatividade, ligações intermoleculares, carga parcial, dipolo elétrico.

4.2.4 Quarto dia de aplicação da sequência didática: avaliação da proposta

No quarto dia do desenvolvimento da Sequência Didática foram aplicados dois questionários. Mediante a categorização das respostas dos estudantes (Moraes e Galiuzzi, 2007) em função deste primeiro questionário, chamado de “pós-teste” (Apêndice D) foi possível avaliar se houve incremento da capacidade cognitiva dos alunos após a intervenção hiper cultural. Este questionário abordou os temas estudados na aula prática, onde os alunos utilizaram o software de simulação como ferramenta para a resolução das tarefas solicitadas.

O pós-teste contou com dezessete questões, divididas em três tarefas, onde a primeira tarefa trabalhou com moléculas de dois átomos, a segunda tarefa com

moléculas de três átomos e a terceira tarefa, com moléculas reais. Este teste exigiu a compreensão de conceitos relacionados às interações Inter atômicas e intermoleculares. As questões abordaram temas como *polaridade de moléculas, interações tipo dipolo-dipolo, dipolo induzido-dipolo induzido, interações por ligação de hidrogênio e regras de solubilidade*.

O segundo questionário aplicado (Apêndice E) teve como objetivo verificar as dificuldades dos alunos e a aceitação deles em relação ao uso da ferramenta hiper cultural e contou com quatro questões. Os questionários foram respondidos no laboratório de informática e com o auxílio do simulador virtual Polaridade da Molécula.

Neste mesmo dia, também foi realizada entrevista semiestruturada com o grupo de estudantes analisados. A entrevista foi realizada seguindo o protocolo *Report Aloud* (Ramos, 2015; Wolff, 2015) e teve como objetivo avaliar as concepções e modelo mental nos estudantes por meio da Análise Gestual Descritiva (Monaghan e Clement, 1999; Stephens e Clement, 2010) da linguagem verbal e gestual, e por meio da categorização (Moraes e Galiuzzi, 2007) da transcrição das falas dos alunos ao serem interrogados sobre suas respostas ao instrumento de pós-teste. A entrevista teve como perguntas base as mesmas perguntas do pós-teste e foi realizada individualmente e documentada com gravação de vídeo (áudio e imagem).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A discussão a seguir abrange as respostas dos estudantes ao formulário eletrônico, ao pré-teste e ao pós-teste, foi conduzida por meio de uma abordagem qualitativa dos dados. Essa abordagem qualitativa foi escolhida por facilitar a interpretação das especificidades e a compreensão profunda dos significados atribuídos aos participantes, permitindo identificar não apenas os resultados, mas também os processos envolvidos na aprendizagem (Denzin & Lincoln, 1994).

Além disso, utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD) (Moraes e Galiazzi, 2007) das respostas, pois essa metodologia possibilita a identificação de unidades de sentido, o agrupamento em categorias emergentes e a construção de uma interpretação crítica e reflexiva dos dados.

A análise também se apoiou na Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (Souza, 2004), com o objetivo de avaliar os processos cognitivos envolvidos nas respostas dos pré e pós-testes e relacioná-los com os *drivers* hiper culturais, buscando compreender como os mecanismos internos de aprendizagem foram construídos ou modificados ao longo do processo. Essa abordagem possibilitou uma avaliação mais aprofundada das mediações externas e internas que impactaram o desempenho e a evolução dos estudantes.

5.1 Análise do uso de tecnologias

Com o objetivo de investigar o perfil comportamental dos alunos, buscando entender melhor suas características e necessidades, foi aplicado um questionário, no formato de formulário eletrônico (Apêndice B) aos 7 alunos que participaram de todas as etapas da pesquisa, com perguntas a respeito da disponibilidade da tecnologia na vida deles.

A seguir são apresentadas as perguntas do formulário eletrônico:

- 1) Qual a sua identidade de gênero? () Feminino () Masculino
- 2) Qual a sua Idade: _____
- 3) Você tem acesso facilitado à tecnologia diariamente? Sim () não ()
- 4) Em qual lugar o acesso à tecnologia é mais facilitado? Casa () Escola ()
- 5) Dentre as citadas, qual a principal ferramenta hiper cultural que você tem acesso? *Smartfone* () *notebook* () *desktop* () *televisão* ()

- 6) Você tem acesso à Internet? () Sim () não
 7) Em qual lugar você tem acesso mais facilitado à Internet? Casa () Escola ()
 8) Quantas horas por dia você passa no celular? _____
 9) Qual o principal uso do celular? Redes sociais () pesquisa/estudo ()

As categorias de análise identificadas, segundo a ATD (Moraes e Galiazzi, 2007) foram: Ferramenta Hiper cultural, Uso do Celular, Acesso à Tecnologia e Local de Acesso. Cada uma delas reflete aspectos fundamentais para compreender o uso de ferramentas tecnológicas no cotidiano dos alunos e suas implicações para o ensino de Química. O Quadro 3 apresenta as categorias de análises identificadas e o total de menções de cada uma delas.

Quadro 03: Categorias gerais identificadas.

Categorias			
Ferramenta Hiper cultural	Uso do Celular	Acesso diário à Tecnologia/Internet	Local de Acesso
Smartphone: 06	Redes Sociais: 03	Sim: 06	Casa: 05
Desktop: 01	Pesquisa/Estudo: 04	Não: 01	Escola: 02

Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados indicaram que o *smartphone* é a principal ferramenta hiper cultural utilizada pelos alunos, sendo citada em 6 das respostas. A preferência por este dispositivo pode ser explicada pela sua acessibilidade, portabilidade e ampla gama de funcionalidades. O *desktop*, por outro lado, foi mencionado apenas uma vez, o que evidencia uma menor presença deste recurso entre os estudantes.

Quanto ao uso do celular, duas funções principais foram identificadas: pesquisa/estudo e redes sociais. A predominância da pesquisa/estudo (4 menções) sugere que os alunos regularmente utilizam o potencial do celular como uma ferramenta educacional, enquanto o uso para redes sociais (3 menções) aponta para a influência das mídias no cotidiano estudantil. Em relação ao acesso à tecnologia, observou-se que a maioria dos alunos possuem facilidade de acesso diário, embora uma resposta tenha evidenciado dificuldade. Este ponto ressalta a importância de considerar as condições socioeconômicas dos estudantes ao implementar práticas pedagógicas inovadoras. Além disso, o local de acesso predominante foi a casa, o que reforça a ideia de que os alunos dependem do ambiente familiar para acessar a Internet e as ferramentas tecnológicas.

De acordo com as respostas, podemos observar que há no grupo uma inclusão digital, visto que eles mesmos possuem acesso facilitado à Internet diariamente,

especialmente em suas residências. O fato de possuírem acesso a ferramentas hiper culturais, como *smartphones* e *desktops*, comprova um acesso igualitário dentro do grupo de tecnologias disponíveis, permitindo não apenas a navegação em redes sociais, mas também a realização de trabalhos e pesquisas. Isso evidencia como essas tecnologias, aliadas à Internet, se tornaram indispensáveis no cotidiano estudantil, atuando como um meio essencial para a construção do conhecimento e para o desenvolvimento de competências educacionais alinhadas às demandas contemporâneas.

Uma análise das respostas dos estudantes em relação ao uso de tecnologias digitais e os dados do IBGE sobre acesso à tecnologia no Brasil evidenciam uma convergência significativa no que diz respeito à predominância do *smartphone* como ferramenta essencial para o cotidiano educacional e doméstico. A preferência pelo uso do celular entre os estudantes pode ser explicada por sua acessibilidade, portabilidade e ampla gama de funcionalidades, características que também refletem a alta presença desse dispositivo nas casas brasileiras, com 96,7% de cobertura (IBGE, 2023).

O uso do *smartphone* pelos estudantes é diretamente associado às atividades educacionais, como pesquisa e estudo, e ao acesso às redes sociais. Essa tendência sugere que, além do entretenimento, o dispositivo tem se consolidado como uma ferramenta fundamental para a aprendizagem e o desenvolvimento de competências escolares. Tal comportamento é favorecido pelo amplo acesso à Internet nos domicílios brasileiros, que segundo o IBGE (2023) atinge 92,5% dos lares, especialmente em áreas urbanas, permitindo o uso frequente de plataformas digitais e recursos online para fins acadêmicos.

No entanto, as respostas dos estudantes e os dados do IBGE (2023) também apontam desafios relacionados às desigualdades de acesso à tecnologia. Embora a maioria dos estudantes tenha acesso regular ao *smartphone* e à internet em suas residências, algumas respostas indicaram dificuldades em manter uma conexão fora de suas residências.

Outro ponto relevante é a presença menor de computadores e *tablets* entre os estudantes, evidenciada por uma baixa citação do uso do *desktop*, em comparação ao domínio dos *smartphones*. Essa tendência é corroborada pelo levantamento do IBGE (2023), no qual apenas 39% dos lares possuem computadores e 10,4% dispõem de *tablets*, refletindo a migração das práticas digitais para dispositivos móveis, mais

acessíveis e multifuncionais.

Essas observações também encontram fundamento na Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004), que aborda os impactos cognitivos da hiper cultura e da mediação digital. De acordo com Souza (2004) a Revolução Digital originou a hiper cultura, uma nova forma de mediação cognitiva que transcende as capacidades individuais, permitindo um salto evolucionário no desempenho cognitivo. A TMC (Souza, 2004) propõe que a inteligência humana não é apenas resultado do funcionamento cerebral, mas também de interações mediadas por tecnologias e contextos socioculturais.

O uso das ferramentas hiper culturais pelos estudantes, especialmente *smartphones*, exemplifica os conceitos da TMC (Souza, 2004) ao evidenciar a influência da hiper cultura no desempenho cognitivo e educacional. Além disso, os desafios de acesso e as desigualdades socioeconômicas destacam a importância de considerar a mediação tecnológica no planejamento de práticas pedagógicas, promovendo um aprendizado inclusivo e alinhado às demandas da era digital.

5.2 Análise do pré-teste

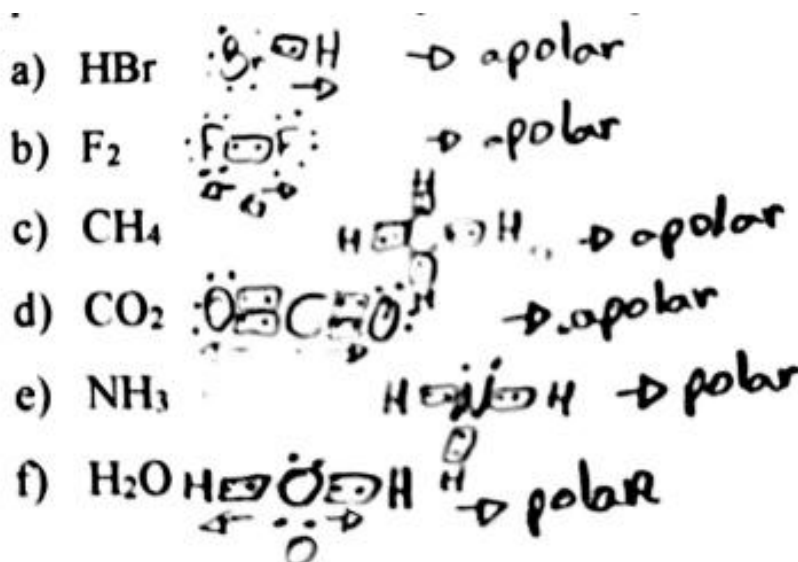
A primeira questão solicitou aos alunos a representação de algumas moléculas por meio de modelos (ilustrações) que apresentassem a carga parcial, o vetor momento dipolar e o vetor momento dipolar resultante: *“Represente cada uma das moléculas a seguir por meio de modelo que ilustre a carga parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular”*. As moléculas solicitadas foram **HBr**, **F₂**, **CH₄**, **CO₂**, **NH₃** e **H₂O**. Essas moléculas apresentam uma diversidade interessante de comportamentos em relação à polaridade e distribuição de cargas. Cada uma delas oferece uma oportunidade de explorar diferentes conceitos de ligação química, distribuição/densidade eletrônica e o efeito dessas distribuições sobre o momento dipolar.

Esta questão tinha por objetivo avaliar a aprendizagem dos alunos após a aula de introdução ao conteúdo, realizada em sala de aula e sem qualquer intervenção hiper cultural. Os modelos apresentados em suas respostas mostraram que o conhecimento dos estudantes era muito limitado.

Dos sete alunos que responderam o pré-teste, somente E2 e E5 representaram em seus modelos o momento dipolar. O E2 (figura 11) representou corretamente

somente a molécula de CO_2 , e o E5 (figura 12) representou corretamente todas as moléculas solicitadas (HBr , F_2 , CH_4 , CO_2 , NH_3 e H_2O). Os demais alunos não fizeram esta representação em seus modelos. Nenhum estudante representou em seus modelos o vetor momento dipolar resultante das moléculas.

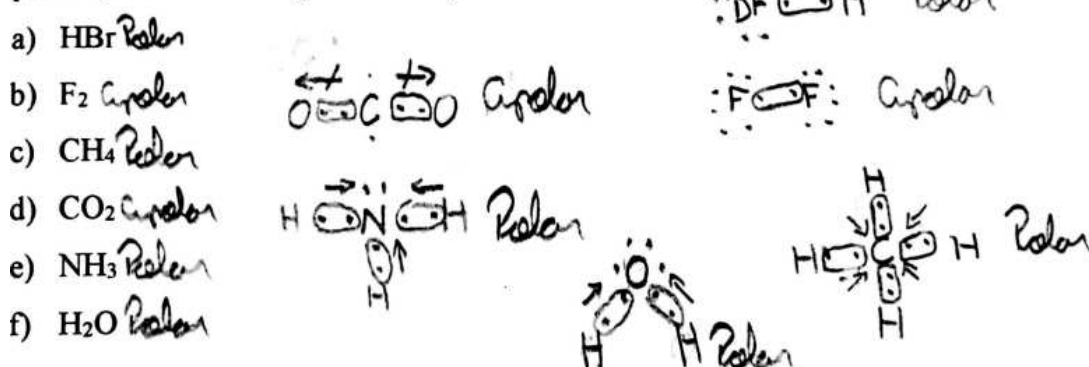
Figura 11 – Modelos apresentados pelo E2 com a representação do momento dipolar e dipolo molecular



Fonte: Modelos apresentados pelo E2 como resposta da questão 1.

Figura 12 – Modelos apresentados pelo E5 com a representação do momento dipolar e dipolo molecular.

parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular.

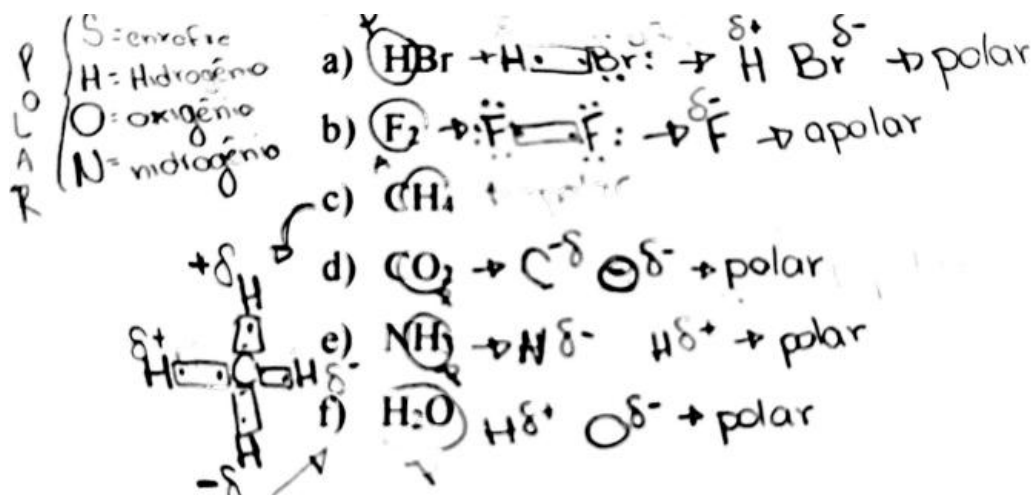


Fonte: Modelos apresentados pelo E5 como resposta da questão 1.

Em relação à carga parcial, somente o E1 a representou em seus modelos (figura 13), os demais não a representaram em nenhuma molécula. O E1 relacionou as cargas parciais negativas aos elementos mais eletronegativos, e as cargas parciais positivas para os elementos menos eletronegativos. Entretanto, o estudante

demonstrou não ter compreendido a formação da carga parcial, visto que se equivocou na representação do F_2 , uma molécula apolar.

Figura 13 – Modelos apresentados pelo E1 com a representação da carga parcial



Fonte: Modelos apresentados pelo E1 como resposta da questão 1.

A segunda questão pediu aos alunos que classificassem as moléculas da questão anterior como polares e apolares: “Classifique as moléculas do exercício anterior como polares ou apolares”. Esta questão tinha como objetivo avaliar se os alunos compreenderam que a polaridade da molécula depende de conceitos avaliados na questão anterior, como vetor momento dipolar, vetor momento dipolar resultante e carga parcial. Somente o E7 acertou a polaridade de todas as moléculas propostas pelo exercício. Isso mostra que o fato de os estudantes não terem compreendido os conceitos exigidos na primeira questão não permitiu que eles classificassem as moléculas apresentadas de acordo com a polaridade. O quadro 4 apresenta as respostas dos estudantes em relação a segunda questão.

Quadro 04: Respostas dos estudantes à questão 2 (continua)

Estudantes	HBr	F_2	CH_4	CO_2	NH_3	H_2O
E1	Polar	Apolar	Apolar	Polar	Polar	Polar
E2	Apolar	Apolar	Apolar	Apolar	Polar	Polar
E3	-	-	-	-	-	Apolar

Quadro 04: Respostas dos estudantes à questão 2 (Conclusão)

Estudantes	HBr	F ₂	CH ₄	CO ₂	NH ₃	H ₂ O
E4	Polar	Apolar	Polar	Polar	Polar	Polar
E5	Polar	Apolar	Polar	Apolar	Polar	Polar
E6	Apolar	Apolar	Apolar	Apolar	Polar	Polar
E7	Polar	Apolar	Apolar	Apolar	Polar	Polar

Fonte: Elaborado pela autora.

A questão de número três solicitou aos alunos que indicassem qual das moléculas apresentadas, no estado sólido e líquido, estão associadas por ligações de hidrogênio: “Qual das substâncias abaixo apresenta moléculas que, nos estados sólido e líquido, estão associadas por ligações de hidrogênio?”. As moléculas/fórmulas apresentadas aos estudantes foram H₂, NH₃, NaH, CH₄ e PH₃. (lembrando que NaH é um hidreto iônico, portanto não tem molécula).

Esta questão avaliou a capacidade dos estudantes em relacionar a polaridade das moléculas com a interação intermolecular estabelecida. Somente os estudantes E2, E3 e E5 responderam corretamente, o que mostra a limitação dos estudantes em relação ao conceito de polaridade, visto que a maioria não foi capaz de fazer a relação do conceito polaridade com a interação intermolecular.

O quadro 5 mostra como os estudantes classificaram as moléculas/fórmulas.

Quadro 5: Respostas dos estudantes à questão 3.

Estudantes	H ₂	NH ₃	NaH	CH ₄	PH ₃
E1			X		
E2		X			
E3		X			
E4	-	-	-	-	-
E5		X			
E6			X		
E7		X		X	X

Fonte: Elaborado pela autora.

A quarta e última questão pediu aos alunos que organizassem as moléculas apresentadas na questão anterior em ordem crescente de polaridade.

Somente o E6 respondeu corretamente (figura 14), mostrando um baixo aproveitamento dos alunos em relação ao aprendizado.

Figura 14 – Resposta do E6 da questão número 4

H₂ apolar CH₄ apolar D₂O apolar NaH polar NH₃ polar

Fonte: Resposta do E6 da questão 4.

Mediante as repostas dos estudantes ao pré-teste, podemos observar que não houve aprendizado satisfatório em relação aos conceitos estudados na aula introdutória, realizada em sala de aula.

Avaliando suas respostas, a maioria dos alunos não foi capaz de representar as moléculas apresentadas no primeiro exercício com a carga parcial, vetor momento dipolar e vetor momento dipolar resultante. A maioria não tentou responder e apenas um aluno (E5) representou corretamente o vetor momento dipolar de todas as moléculas. Sem terem compreendido os conceitos fundamentais sobre o assunto, os mesmos, também em sua maioria, não foram capazes de classificar as moléculas apresentadas como polares e apolares, sendo somente um aluno (E7) acertado todas as respostas.

Da mesma forma, os estudantes também não tiveram muito sucesso para indicar qual das moléculas apresentadas se associa por meio de ligação de hidrogênio. Somente três alunos (E2, E3 e E5) acertaram a resposta, mostrando indícios de que a limitação deles em relação aos conceitos de polaridade os impediram de relacionar este conceito com o de ligações intermoleculares.

Os estudantes, em sua maioria, também não foram capazes de classificar as moléculas apresentadas como polares e apolares. Somente um aluno (E6) foi capaz de classificar todas as moléculas de forma correta.

5.2.1 *Categorias de análises segundo a Análise Textual Discursiva (ATD)*

Levantamos quatro categorias com base nas unitarizações das respostas dos alunos mediante as questões do pré-teste, seguindo os princípios da ATD (Moraes e Galiuzzi, 2207). A partir das unidades de sentido identificadas nas respostas, foram organizadas categorias emergentes que revelaram padrões e limitações no

desempenho dos estudantes. Essas categorias contemplam aspectos como limitações na visualização espacial, dificuldade em generalizar conceitos, fragmentação da aprendizagem e insegurança ou desmotivação, permitindo uma interpretação crítica do processo de aprendizagem.

O Quadro 6 sintetiza essas análises, apresentando as principais dificuldades, abordagens de desempenho e interpretações para cada questão do pré-teste.

Quadro 6: Categorias de análise e interpretação das respostas dos alunos no pré-teste

Questão	Unidades de Sentido Observadas	Categorias Emergentes	Interpretação
1. Representação de Moléculas	<ul style="list-style-type: none"> - Representações parciais ou incorretas. - Poucos alunos representaram vetores dipolares (E2 e E5). - E1 errou na carga parcial de F_2. - Ausência do vetor momento dipolar resultante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitação na visualização espacial. - Conceitos fragmentados. - Exceção de desempenho (E5). 	Os estudantes tiveram dificuldade em construir imagens mentais dinâmicas e representar vetores de momento dipolar, diminuindo a falta de mediação efetiva.
2. Classificação de moléculas	<ul style="list-style-type: none"> - Apenas E7 acertou todas as classificações. - Respostas inconsistentes com a questão 1. - Falhas frequentes em moléculas apolares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em generalizar conceitos. - Associação errônea de conceitos. - Exceção de desempenho (E7). 	Mostra inconsistência entre teoria e prática. Os alunos não conseguem aplicar o conceito de polaridade corretamente às moléculas apresentadas.
3. Ligações de hidrogênio	<ul style="list-style-type: none"> - Apenas E2, E3 e E5 responderam corretamente. - A maioria não relacionou polaridade com interações intermoleculares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de integração de conceitos. - Fragmentação de aprendizagem. - Exceções no desempenho (E2, E3 e E5). 	Dificuldade em relacionar polaridade às ligações intermoleculares. O conhecimento apresentado é superficial e fragmentado.
4. Ordem de polaridade	<ul style="list-style-type: none"> - Somente E6 respondeu corretamente. - Respostas em branco ou incompletas. - Baixa tentativa de resposta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desmotivação ou insegurança. - Limitação cognitiva. - Exceção de desempenho (E6). 	Os alunos não conseguem hierarquizar a polaridade, evidenciando dificuldade no raciocínio comparativo e falta de confiança.

Fonte: Elaborada pela autora.

Esses resultados indicam que as dificuldades pelos alunos estão diretamente relacionadas à falta de habilidade para a visualização mental, fundamental para a compreensão de conceitos abstratos como os envolvidos. A aula tradicional, realizada em sala de aula, demonstrou-se insuficiente no desenvolvimento dessa habilidade, uma vez que os *drivers* cognitivos, mediados pela interação cultural e social, os *drivers*

culturais e *drivers* sociais, não foram relevantes ou práticos para facilitar o aprendizado desses conteúdos.

A análise, realizada com base na ATD, revelou limitações específicas no aprendizado dos alunos, evidenciadas por dificuldades em representar moléculas com vetores de momento dipolar, carga parcial e dipolo resultante, além da incapacidade de classificar corretamente moléculas polares e apolares, ou de relacionar a polaridade com interações intermoleculares, como as ligações de hidrogênio.

O rendimento insatisfatório dos alunos no pré-teste indica que, mesmo após a aula introdutória, o conteúdo não foi assimilado de forma satisfatória. Poucos alunos (E5, E6 e E7) obtiveram desempenhos pontuais, evidenciando um conhecimento fragmentado e a falta de integração conceitual.

As categorias emergentes identificadas – limitações na visualização espacial, dificuldade em generalizar conceitos, fragmentação do aprendizado e desmotivação – reforçam a necessidade de abordagens pedagógicas mais eficazes, que possibilitem aos estudantes desenvolverem habilidades visuoespaciais e construir novas representações mentais.

O comportamento observado durante o pré-teste, descritos com precisão pela professora da turma, que também é a pesquisadora responsável por esta tese, demonstram uma ligação direta entre a insegurança dos alunos e as dificuldades de compreensão de conceitos abstratos. Os estudantes demonstraram muita insegurança, reclamaram muito e acharam o conteúdo estudado muito difícil. Ficou evidente que as práticas tradicionais de ensino, aplicadas anteriormente, não estimularam suficientemente as habilidades cognitivas importantes, como a capacidade de visualização mental.

5.3 Análise do pós-teste

Para realizar as tarefas solicitadas, os estudantes deveriam seguir um “passo a passo”, do número 1 ao número 17 no total. Para realizarem a tarefa 1 deveriam acessar o software de simulação virtual “Polaridade da Molécula”, selecionar a opção “Dois Átomos” e configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estivessem com o mesmo valor de eletronegatividade.

As questões 3 a 5 trabalharam fundamentos importantes sobre polaridade e interações intermoleculares, relacionando moléculas reais propostas nos exercícios

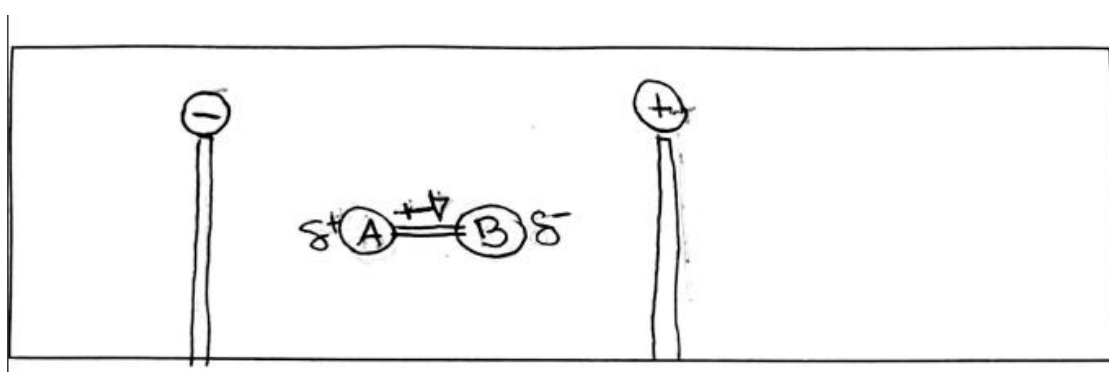
com o modelo criado no simulador.

A terceira questão do pós-teste apresenta cinco moléculas e solicita aos alunos que selecionem aquela que pode ser representada pelo modelo do simulador: *“Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo do simulador.”* As moléculas apresentadas foram: **HBr**, **F₂**, **CH₄**, **CO₂** e **NH₃**. Todos os alunos acertaram esta questão.

Para responder a quarta questão proposta: *“Qual o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador?”*, os estudantes deveriam estabelecer uma relação dos conceitos sobre polaridade e os modelos construídos no simulador. Todos os alunos acertaram esta questão.

Na quinta questão: *“Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?”*, os alunos deveriam apresentar uma ilustração de como a molécula representada pelo simulador se comportaria diante de um campo elétrico. Somente o E1 errou esta questão (figura 15). O estudante representou o modelo construído no simulador com cargas parciais positiva e negativa de seus átomos e o momento dipolar, sendo que a orientação de número 2 desta tarefa solicitou aos estudantes configurar o simulador de forma que os dois átomos possuíssem mesmo valor de eletronegatividade, por tanto uma molécula apolar, onde não haverá nem cargas elétricas parciais, nem momento dipolar.

Figura 15: Resposta do E1 da questão número 5



Fonte: Resposta do E1 da questão 5.

Após a resolução destas questões os alunos também trabalharam com modelos, configurados no simulador, em que seus átomos apresentassem valores de eletronegatividade diferentes.

As questões 7 a 10 trabalharam fundamentos importantes sobre polaridade e interações intermoleculares, relacionando moléculas reais propostas nos exercícios

com o modelo criado no simulador.

A sétima questão do pós-teste apresenta cinco moléculas e solicita aos alunos para selecionarem aquela que pode ser representada pelo modelo do simulador: *“Indique qual das moléculas a seguir pode ser apresentada pelo modelo proposta pelo simulador”*. As moléculas apresentadas foram **HBr**, **F₂**, **CH₄**, **CO₂** e **NH₃**. Todos os alunos acertaram esta questão.

Na oitava questão os estudantes deveriam representar a molécula em questão por meio de um modelo que ilustre a ligação dipolo (dipolo molecular) e a carga parcial: *“Represente a molécula em questão por meio de um modelo que ilustre a ligação dipolo-dipolo e a carga parcial.”* Todos os alunos acertaram esta questão.

Na questão de número nove, os alunos deveriam apresentar uma ilustração de como a molécula representada pelo simulador se comportaria diante de um campo elétrico: *“Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?”*. Todos os alunos acertaram esta questão, representando-a corretamente.

Na décima e última questão da tarefa 1, os estudantes deveriam relacionar a polaridade das moléculas com a interação intermolecular estabelecida: *“Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito?”*. Somente E1 e E6 erraram esta questão. Os estudantes responderam que a interação intermolecular estabelecida seria a ligação de hidrogênio, mostrando que não compreenderam por completo o conceito de diferença de eletronegatividade a ponto de relacioná-lo corretamente com interações intermoleculares.

Os alunos demonstraram domínio sobre as ferramentas de construção do software de simulação e sobre conceitos de polaridade e interações intermoleculares, visto que grande parte dos estudantes responderam corretamente a todas as questões propostas pela tarefa 1.

A tarefa 2 trabalhou com os alunos os modelos com 3 átomos e, mais uma vez, os estudantes foram guiados a ajustarem, no simulador, a eletronegatividade de cada um dos átomos presentes na molécula. A tarefa 2 contou com somente um exercício, o exercício de número 13.

Na questão de número treze: *“Escolha uma molécula real que possa representar a molécula descrita pelo simulador. Apresente esta molécula por meio de um modelo que descreva o momento dipolar, o dipolo molecular e a carga parcial”*. Os estudantes deveriam escolher uma molécula real para representar a molécula descrita

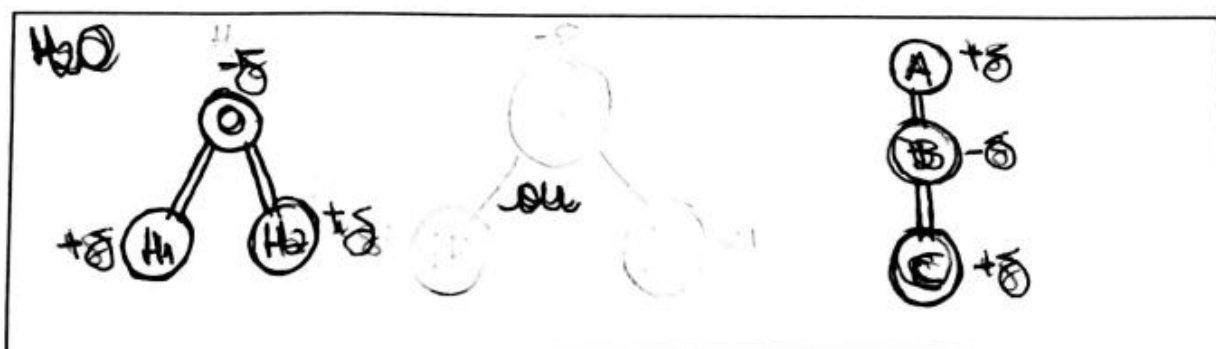
pelo simulador. A representação deveria apresentar o momento dipolar, o dipolo molecular (momento dipolar resultante) e a carga parcial. Esta questão avaliou a capacidade dos alunos em relacionar os fundamentos estudados sobre polaridade de moléculas reais.

Todos os estudantes escolheram corretamente a molécula da água para representar o modelo descrito pelo simulador.

Os E2, E5, E6 e E7 responderam completamente à questão, apresentando a molécula real, no caso a água, por meio de uma ilustração com a carga parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular (momento dipolar resultante).

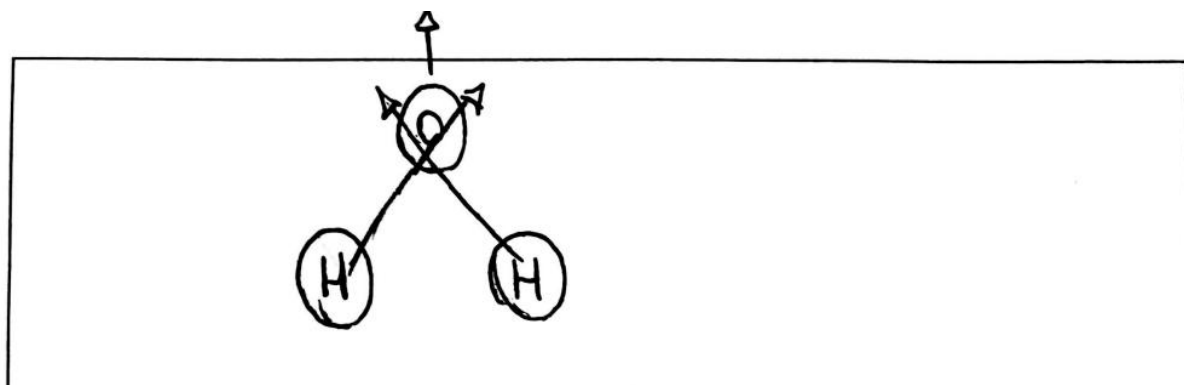
O E1 não representou o momento dipolar e o dipolo molecular (momento dipolar resultante) e os E3 e E4 não representaram a carga parcial. As figuras 16, 17 e 18 apresentam as respostas dos E1, E3 e E4, respectivamente.

Figura 16: Resposta do E1 da questão número 13



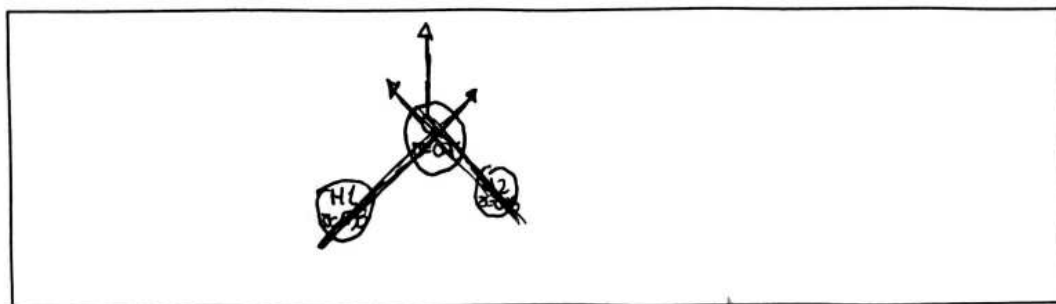
Fonte: Resposta do E1 da questão 13.

Figura 17: Resposta do E3 da questão número 13



Fonte: Resposta do E3 da questão 13.

Figura 18: Resposta do E4 da questão número 13



Fonte: Resposta do E4 da questão 13.

Diante do bom desempenho dos estudantes na tarefa 2, observamos que eles demonstraram domínio sobre as ferramentas de construção do software de simulação e sobre conceitos fundamentais como polaridade, diferença de eletronegatividade, carga parcial e vetores momento dipolar e momento dipolar resultante.

Na terceira tarefa os estudantes trabalharam no simulador com a opção “moléculas reais”.

As questões 15 e 16, da tarefa 3, apresentaram aos estudantes duas situações reais, onde eles deveriam relacionar seus conhecimentos sobre polaridade das moléculas e regra de solubilidade. A questão 15 aborda a utilização de barreiras de contenção em vazamentos de petróleo: *“Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos.”*. Observando os potenciais eletrostáticos da molécula de água (H_2O) e da molécula de metano (CH_4), que estava representando um dos tipos de hidrocarboneto encontrados no petróleo, ambos gerados pelo simulador virtual “Polaridade da Molécula”, os alunos deveriam, de forma descritiva, explicar por que o petróleo e a água não se misturam, justificando a formação de sistema heterogêneo água/petróleo, onde o petróleo fica na superfície, quando ocorrem vazamentos em refinarias. Todos os estudantes responderam corretamente à questão 15, enfatizando que o motivo pelo qual a mistura não ocorre é o fato de a água ser polar e o petróleo, uma mistura de compostos de natureza apolar.

A questão 16 trouxe aos estudantes uma situação real, onde um fluido será passado por um tubo cilíndrico sujo, para retirar uma determinada graxa: *“Considerare*

um tubo cilíndrico de 2 m de comprimento e diâmetro de 0,5 cm que ficou sujo com uma determinada graxa (derivado do petróleo). Um determinado fluido (líquido ou gasoso) será passado por esse cilindro com o intuito de que ele remova a graxa.” Os alunos deveriam verificar quais dentre as moléculas listadas pelo exercício melhor se adequaria aquela tarefa.”. As moléculas apresentadas pela questão foram: **H₂O**, **CF₄**, **O₃**, **CH₃F** e **CHCl₃**.

Todos os estudantes responderam corretamente à questão, assinalando a alternativa que apresenta a opção apolar, o CF₄.

Na questão 17: *“Das substâncias gasosas listadas abaixo, qual delas melhor se dissolve em água? Justifique sua resposta com o modelo que ilustre o momento dipolar e o dipolo molecular da molécula escolhida.”*. As substâncias listadas foram **N₂**, **CO₂**, **O₃**, **O₂** e **HCl**. Mais uma vez, todos os estudantes assinalaram corretamente a molécula de HCl. A questão também solicitou aos estudantes a representação da molécula escolhida.

Os E1, E6 e E7 representaram corretamente a molécula, com as cargas parciais, porém não apresentaram o momento dipolar e dipolo molecular (momento dipolar resultante). Os E2, E3, E4 e E5 representaram corretamente e de forma completa.

De acordo com as respostas dos estudantes a tarefa 3, podemos observar que houve aprendizado satisfatório em relação aos conceitos estudados, visto que a maioria dos alunos foram capazes de dominar as ferramentas do software de simulação, interpretá-las e com isso fazer as relações necessárias dos conceitos de polaridade e eletronegatividade com as situações reais apresentadas. Os alunos também foram capazes de relacionar a polaridade das moléculas com a regra de solubilidade em situações reais.

5.3.1 Categorias de análises segundo a Análise Textual Discursiva (ATD)

Um quadro foi elaborado com base nos princípios da ATD (Moares e Galiazzi, 2007). A partir das respostas dos alunos, foram identificados padrões e agrupados em cinco categorias analíticas: compreensão conceitual, representação gráfica, aplicação prática, uso do simulador e dificuldades ou lacunas conceituais.

Cada categoria foi definida e acompanhada por indicadores que evidenciam o desempenho dos alunos, e exemplificada com base nas observações das respostas

comprovadas. Essa organização permite identificar tanto os avanços quanto os desafios no aprendizado, possibilitando uma visão sistemática e crítica sobre o desempenho dos estudantes nas tarefas propostas. No quadro 7 estão as categorias propostas e as respectivas observações.

Quadro 7: Categorias de análise qualitativa das respostas dos estudantes segundo a análise textual discursiva.

Categoria	Definição	Indicadores	Exemplos Observados
Compreensão dos Conceitos de Polaridade e Eletronegatividade	Analisa a compreensão e aplicação dos conceitos de polaridade e eletronegatividade.	<ul style="list-style-type: none"> - Correção na identificação da polaridade. - Relação entre polaridade e interações intermoleculares. - Justificativas teóricas claras sobre sistemas heterogêneos. 	A maioria dos alunos apreendeu domínio conceitual nas tarefas relacionadas à polaridade (ex.: explicação da imiscibilidade entre água e petróleo devido à polaridade distinta).
Representação Gráfica de Modelos Moleculares	Avalia a tradução de conceitos teóricos em representações gráficas precisas.	<ul style="list-style-type: none"> - Representação correta de momentos dipolares e cargas parciais. - Uso adequado do simulador para construir modelos gráficos. 	- Alguns alunos (ex.: E1 na questão 5 e E1, E3 e E4 na questão 13) tiveram dificuldades em representar momentos dipolares e dipolos moleculares.
Aplicação Prática de Conceitos Científicos	Examina a transferência de aprendizagem teórica para problemas do mundo real.	<ul style="list-style-type: none"> - Justificativa correta para cenários práticos (ex.: solubilidade de substâncias, interação de moléculas com campos elétricos). - Identificação de moléculas específicas. 	- As respostas às questões 15 e 16 mostram bom desempenho geral, com todos os alunos respondendo corretamente.
Uso e Compreensão do Simulador Virtual	Analisa o software de simulação para exploração de conceitos químicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Configuração correta do simulador para representar moléculas. - Adaptação a cenários com parâmetros variáveis, como eletronegatividade. 	- A maior parte dos alunos utilizou o simulador projetado para construir e interpretar modelos moleculares.
Dificuldades e lacunas conceituais	Identifica lacunas no aprendizado e conceitos que requerem atenção.	<ul style="list-style-type: none"> - Respostas incorretas em questões específicas. - Dificuldade em aplicar conceitos fundamentais, como ligações químicas versus outras interações. 	<ul style="list-style-type: none"> - E1 errou na questão 5 ao configurar incorretamente o modelo como polar. - E1 e E6 erraram a questão 10 ao confundirem ligação de hidrogênio com a interação intermolecular predominante.

Fonte: Elaborado pela autora.

A análise das respostas dos estudantes no pós-teste, em comparação com o desempenho no pré-teste, evidencia um avanço significativo na assimilação de

conceitos como polaridade molecular, interações intermoleculares e eletronegatividade. Esse progresso pode ser compreendido sob a perspectiva da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), que explica como diferentes tipos de mediações – sociais, culturais e hiper culturais – influenciam a aquisição de *drivers* cognitivos (Souza, 2004).

No pré-teste, os estudantes tiveram acesso a uma aula tradicional (no sentido de que os recursos utilizados foram o discurso do professor, lousa e giz seguindo uma dinâmica expositiva e dialogada), cujas mediações foram predominantemente sociais e culturais. Esses mecanismos externos se basearam na interação direta com a professora, na interação em grupo entre os alunos e no uso de materiais didáticos, como o livro didático, a lousa e anotações em cadernos. Essa abordagem favoreceu o desenvolvimento de mecanismos internos, ou *drivers* cognitivos, por meio de habilidades sociais e a aquisição de conhecimento tradicional/formal.

Contudo, as limitações desses mecanismos é que eles não exploram plenamente o potencial da cognição extra cerebral, que, segundo a TMC (Souza, 2004) amplia significativamente as capacidades perceptivas, de memória e julgamento quando mediada por ferramentas hiper culturais.

Além disso, a abordagem tradicional não favoreceu o desenvolvimento da habilidade visuoespacial nos alunos, essencial para interpretar e manipular representações gráficas e modelos tridimensionais, como os exigidos na compreensão de moléculas e suas interações. Essa habilidade, crucial para integrar conceitos abstratos à prática visual e experimental, não foi desenvolvida em um ambiente que não proporcionava experiências interativas e visuais dinâmicas, como a sala de aula.

Já no pós-teste, o cenário foi transformado pela introdução do *Software* Polaridade da Molécula, uma ferramenta hiper cultural que proporcionou uma mediação muito mais rica e complexa. O uso desse simulador virtual, que permitiu a manipulação de modelos moleculares em cenários interativos e configuráveis, foi um elemento-chave no desenvolvimento de *drivers* hiper culturais.

De acordo com Souza (2004), a interação com o software desenvolveu processos de percepção, memória, categorização, aprendizagem, julgamento, elaboração e tomada de decisões de maneira cumulativa e extra cerebral.

Esses *drivers* hiper culturais, ao contrário dos mecanismos tradicionais, expandem as fronteiras do pensamento e permitem que os estudantes compreendam

conceitos abstratos, como a relação entre polaridade e interações intermoleculares, de forma muito mais concreta e visual.

Além disso, esses *drivers*, criados a partir da mediação com ferramentas hiper culturais, também desenvolveram nos estudantes a habilidade visuoespacial, permitindo-lhes interpretar, manipular e construir representações gráficas e modelos moleculares de maneira eficaz. Essa habilidade foi essencial para consolidar o aprendizado e facilitar a aplicação prática dos conceitos explorados, integrando aspectos cognitivos em um processo de aprendizagem mais completo.

Os resultados do pós-teste reforçam essa dinâmica: enquanto no pré-teste os estudantes desenvolveram um desempenho limitado, no pós-teste eles apresentaram um conhecimento significativo dos conceitos trabalhados. A mediação hiper cultural foi capaz de integrar o conhecimento formal adquirido na aula tradicional com as experiências interativas fornecidas pelo *software* de simulação virtual, consolidando um aprendizado mais profundo e permanente. Por exemplo, os estudantes foram capazes de configurar o simulador corretamente para representar moléculas com diferentes valores de eletronegatividade, entender a influência da diferença de eletronegatividade no comportamento da molécula diante de um campo elétrico e implementar a imiscibilidade entre água e petróleo com base na polaridade.

Esse avanço pode ser atribuído ao processamento extra cerebral cumulativo promovido pela ferramenta hiper cultural. Ao permitir que os estudantes interajam diretamente com modelos que simulam cenários reais, o *software* amplia as conexões cognitivas, facilitando não apenas o entendimento, mas também a aplicação prática dos conceitos. Assim, os mecanismos de mediação hiper cultural não apenas se complementaram, mas superaram as limitações das mediações sociais e culturais, mostrando-se essenciais para a aquisição de novos *drivers* cognitivos.

Em suma, o bom desempenho no pós-teste destaca a importância de ferramentas hiper culturais no processo de ensino-aprendizagem, conforme explicado na TMC (Souza, 2004). Enquanto a mediação tradicional desenvolveu habilidades fundamentais, foi a interação com o *software* de simulação virtual que possibilitou o salto qualitativo no aprendizado, evidenciando como a integração de tecnologias interativas pode revolucionar o ensino de conceitos complexos.

Esse contexto ajuda a compreender o comportamento dos alunos no dia da aplicação do pós-teste. Eles demonstraram notável segurança ao manusear o *software* de simulação, realizando todas as tarefas propostas com segurança.

Responderam às questões sem apresentar dificuldades, medo ou reclamações, evidenciando maior familiaridade e confiança em relação ao conteúdo e a ferramenta hiper cultural utilizada.

5.4 Análise da entrevista

Após a realização da aula prática com o uso do *software* de simulação virtual, os alunos foram convidados a participar de uma entrevista, onde foram questionados sobre as respostas fornecidas no instrumento de pós-teste.

As entrevistas foram individuais, na qual o principal objetivo era o de propiciar que os estudantes explicassem como resolveram as questões do pós-teste, por meio de falas e gestos. As entrevistas seguiram o protocolo *Report Aloud* (Ramos, 2015) e as representações gestuais evidenciadas nos relatos dos estudantes, juntamente com a transcrição integral das falas gravadas nas entrevistas (Apêndice F) foram analisadas segundo a Análise Gestual Descritiva (Monaghan e Clement, 1999; Stephens e Clement, 2010) e a Análise Textual Discursiva (Moraes e Galiazzi, 2007), respectivamente, buscando identificar a presença de representações e *drivers* hiper culturais, de acordo com a Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004).

5.4.1 Análise Gestual Descritiva da entrevista: gestos e visualizações na construção de conceitos

As entrevistas foram iniciadas com questionamentos aos alunos sobre a tarefa 1. Nesta tarefa eles trabalharam com moléculas com dois átomos, cujos átomos possuíam o mesmo valor de eletronegatividade. Os estudantes deveriam responder se nesta molécula formaram-se cargas parciais e como esta molécula se comportaria diante de um campo elétrico.

Todos os estudantes responderam na entrevista que não houve a formação de cargas parciais e que diante de um campo elétrico essa molécula ficaria “parada”. Segundo os estudantes, o fato de não haver a formação de cargas parciais negativa e positiva, a molécula seria apolar e não seria atraída pelos polos positivo e negativo do campo elétrico, posicionados nos lados direito e esquerdo, respectivamente.

A Figura 19, a seguir, mostra os E1, E2, E3, E4 e E5 realizando uma sequência de gestos descritivos quando estavam explicando como a molécula apolar, da tarefa

1, se comportaria diante de um campo elétrico.

Figura 19: Estudantes E1, E2, E3, E5 e E7 descrevendo, respectivamente, em gestos, o comportamento da molécula apolar, representada pelo software de simulação virtual, em um campo elétrico.



Fonte: Imagem capturada da entrevista pela autora

Embora os gestos variem entre os estudantes, há um padrão comum: a ênfase na ideia de "parada" da molécula. Cada estudante usou uma forma única de representar a ausência de movimento, utilizando partes do corpo, como as mãos e os braços, para simbolizar a molécula em repouso. Esse padrão sugere que todos procurem criar uma metáfora visual estática.

Observando a figura 19, podemos notar que a E1 mostrou que a molécula ficaria parada, por meio de gestos com as palmas das mãos para frente. Este gesto sugere um bloqueio ou segurança, reforçando a ideia de uma molécula que não se move. As palmas abertas podem simbolizar a neutralidade da molécula em relação ao campo elétrico.

A E2 colocou ambas as mãos à frente, mas com as palmas uma de frente para a outra. Este gesto pode indicar uma relação entre os dois átomos da molécula, indicando que eles estão em equilíbrio ou conexão, mas sem interação externa, como um movimento induzido pelo campo elétrico.

A E3 fez gestos de "duas bolas" com os dedos, apontados para frente. Este gesto representa os dois átomos de forma visual. Ao manter os dedos apontados para frente e sem movimento, o estudante enfatizou a estabilidade e ausência de cargas

parciais, visualizando a molécula de forma apolar.

O E5 usou os braços dobrados, com um braço apoiado sobre o outro. Este gesto é mais amplo, mas ainda estático. A sobreposição dos braços pode simbolizar o equilíbrio e a neutralidade da molécula no campo elétrico, reforçando a ideia de que ela permanece parada.

A E7 colocou as duas mãos fechadas como se fossem dois punhos, representando as moléculas paradas. Este gesto transmite uma ideia de força ou firmeza. Os punhos fechados podem simbolizar estabilidade, reforçando que a molécula não é atraída pelos polos do campo elétrico devido à ausência de cargas parciais.

Os gestos realizados pelos estudantes refletem uma compreensão visual e simbólica do problema: todos buscaram traduzir a ideia de uma molécula estática em uma representação corporal.

Apesar das opções nos gestos, todos enfatizaram a neutralidade da molécula e sua falta de interação com o campo elétrico, e cada estudante usou diferentes partes do corpo (palmas, dedos, braços, punhos) para expressar a mesma ideia. Isso indica que, mesmo em conceitos abstratos, há espaço para diferentes interpretações gestuais.

Os gestos dos estudantes não são apenas representações externas, mas também evidências de sua capacidade de simular visualmente a molécula apolar e sua interação (ou falta de interação) com o campo elétrico. A estabilidade gestual (representar a parada da molécula) mostra que eles compreendem o estado estático da molécula em nível conceitual.

Os gestos como "duas bolas" (E3) ou punhos fechados (E7) indicam que os estudantes estão manipulando mentalmente a estrutura da molécula e projetando-a fisicamente, o que demonstra habilidade em visualização tridimensional.

Uma variedade de gestos sugere diferentes níveis de abstração: desde a simples visualização da molécula como "parada" (E1) até representações mais simbólicas (como as mãos fechadas de E7).

Os gestos descritos podem ser vistos como interseções práticas entre a mediação cognitiva, *drivers* hiper culturais e visualização mental. Os gestos evidenciam a capacidade de criar representações mentais tridimensionais de conceitos abstratos.

A E2 fez maiores observações a respeito do software de simulação virtual,

mostrando, por meio de uma sequência de gestos e falas, como a molécula se comportaria diante de um campo elétrico e como as ferramentas do software contribuíram para que o estudante desenvolvesse sua capacidade de representação mental.

Pelo software, ele (molécula) não fica nem de um lado, nem de outro. Ele (molécula) fica no meio. Por causa que não tem nenhum valor que é positivo ou negativo, ele (molécula) vai ficar no meio porque não tem para onde ele (molécula) ir. Tanto que no software você pode mexer lá com o mouse, que ele (molécula) vai voltar pro meio, na posição que você colocou. (Estudante 2).

Em seguida, a aluna continua a explicar como as ferramentas do software de simulação virtual, por meio da representação tridimensional, favoreceram a compreensão dos conceitos abstratos estudados:

...tanto que teve gente que, outros alunos que não tiveram essa aula, que não tiveram a experiência de ver o software, eles não têm a mesma noção que a gente teve, por que é diferente você ter o software ali, e só a aula com o slide, por que ali você consegue mexer, você consegue ver tudo certinho. (Estudante 2).

Em seguida, os alunos foram questionados sobre o exercício 3 da tarefa 1. Neste exercício os estudantes teriam que indicar quais das moléculas apresentadas (HBr, F₂, CH₄, CO₂, NH₃) poderia ser representada pelo modelo proposto pelo simulador. Na entrevista, foi questionado se foi fácil para eles indicarem a molécula correta. Todos os estudantes responderam na entrevista que foi fácil. A E1, em sua fala justifica a escolha da molécula F₂ visto que ela é a única molécula diatômica simples. A aluna também utilizou o conceito de polaridade:

...aqui tem só duas opções que tem duas moléculas (átomos) porque o CH₄ tem cinco átomos, esse aqui tem três (CO₂) e a outra tem quatro (NH₃). Então, ou era o F₂ ou era o HBr. E aí era só ver qual que era apolar e qual que era polar. (Estudante 1).

Observamos na fala da estudante que ela criou representações mentais para compreensão dos fenômenos estudados. As simulações mentais permitiram à estudante construir uma visão dinâmica das moléculas e integrar os conceitos envolvidos.

A análise da fala da estudante E1 evidencia o uso de habilidades visuoespaciais como parte do processo de resolução do problema. A aluna demonstra a capacidade de identificar e discriminar visualmente as moléculas com base na quantidade de átomos, um aspecto espacial relacionado à estrutura molecular.

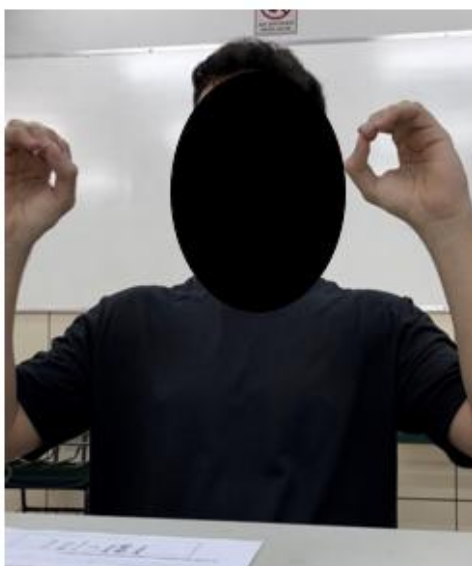
A estudante utiliza representações mentais das estruturas moleculares,

articulando a quantidade de átomos (uma habilidade cognitiva dependente de visualizações mentais ou da percepção de padrões apresentados no simulador). Ela organiza essas informações visualmente e utiliza para limitar suas opções às moléculas diatômicas (F_2 e HBr). Em seguida, aplica o conceito de polaridade para fazer a escolha final.

Para responder esta mesma pergunta, o E5 traz como exemplo a molécula de $O_2(g)$, que não foi proposta no questionário, para explicar seu raciocínio a respeito da indicação da molécula $F_2(g)$ como aquela que poderia ser representada pelo modelo proposto no simulador:

O estudante faz uma comparação entre a molécula de $O_2(g)$ com a molécula de $F_2(g)$ quando diz que “não vão ter dessa de mirar para o mais forte”, pois como se trata de substâncias simples, diatômicas e apolares, não haverá a formação do momento dipolar, uma grandeza vetorial, representada por setas que apontam na direção do elemento mais eletronegativo, que atrai os elétrons. O estudante conclui seu raciocínio dizendo “eles irão se anular”. A figura 20 apresenta a explicação do E5 por meio de gestos.

Figura 20: Estudante E5 descrevendo por meio de gestos a molécula de $O_2(g)$.



Fonte: Imagem capturada da entrevista pela autora

O E5 une os dedos das mãos com o dedo indicador, para formar dois círculos. Esses círculos são apresentados simultaneamente, uma em cada mão. Ele posiciona as mãos de forma a destacar os dois círculos como representações visuais dos dois átomos que compõem a molécula de oxigênio (O_2). Essa escolha simbólica simplifica a estrutura molecular e demonstra a habilidade do estudante em traduzir conceitos

abstratos para formas visuais concretas.

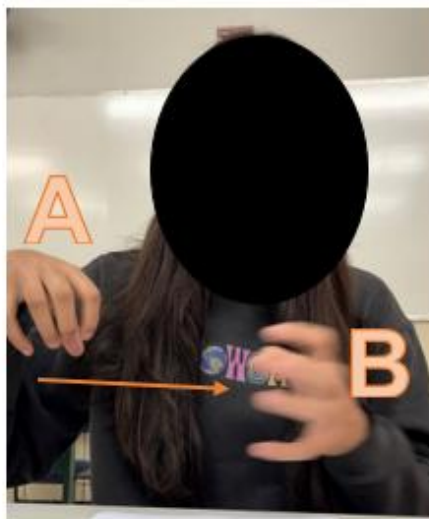
Os círculos reforçam a ideia de simetria e equivalência entre os átomos, alinhando-se ao julgamento verbal do estudante sobre a igualdade de eletronegatividade. A ausência de movimento nos círculos simboliza a neutralidade e a falta de formação do vetor momento dipolar. Ao manter os círculos estáticos e simétricos, o estudante enfatiza a anulação das forças, explicando que “...não há dessa de mirar para o mais forte”, como indicado verbalmente (Estudante 5).

Ainda na tarefa 1, os estudantes trabalharam com moléculas de 2 átomos, mas com eletronegatividades diferentes. O átomo B possuía maior eletronegatividade que o átomo A. Os estudantes foram questionados se nesta molécula formaram-se cargas parciais e como esta molécula se comportaria diante de um campo elétrico.

A E7 respondeu, sem dificuldades, que pelo átomo B ser o mais eletronegativo, ele adquiriu carga elétrica negativa: “...o B foi puxando, meio que puxando, como ele puxa os elétrons que tem na carga A (no átomo A), ele vai tornando (formando) o A um polo positivo, e vai trazendo toda a eletronegatividade pra ele.” (Estudante 7).

A figura 21 apresenta a explicação da E7 por meio de gestos.

Figura 21: Estudante E7 descrevendo por meio de gestos a representação da ligação dipolo e da carga parcial representada na questão 8.



Fonte: Imagem capturada da entrevista pela autora

A estudante ainda complementa sua resposta com uma lembrança do dia da aula prática com o simulador:

“foi até engraçado na hora que a gente estava mexendo no aparelho (software de simulação) por que a gente foi e brincou, começamos a brincar né, e mesmo a gente puxando a carga positiva pro lado positivo do campo, não ia, voltava para o mesmo lugar.” (Estudante 7).

A E7 demonstra uma compreensão conceitual da eletronegatividade e da formação de polos em ligações químicas ao combinar explicações verbais com representações gestuais. Sua utilização de gestos serve como uma extensão visual e espacial de seu pensamento.

A mão direita da estudante é usada para representar o átomo A. O fato de a mão permanecer parada reforça o papel do átomo A como o polo que perde densidade eletrônica, simbolizando estabilidade ou passividade no processo.

Com a mão esquerda, a estudante faz movimentos que simulam os elétrons se afastando do átomo A na direção ao átomo B. Esse gesto complementa sua explicação ao indicar que o átomo B, sendo mais eletronegativo, atrai os elétrons. O movimento da mão sugere um fluxo, reforçando visualmente a ideia de deslocamento de carga.

Embora o átomo B não seja diretamente representado por gestos, a estudante organiza sua demonstração de forma espacial, com o átomo A posicionado à direita (mão direita) e o movimento dos elétrons indo em direção ao lado esquerdo, onde ela sugere imaginar o átomo B. Essa representação espacial implícita ajuda a construir mentalmente o cenário químico descrito.

O movimento da mão esquerda não representa apenas a posição dos elétrons, mas também é descrito como uma representação do vetor momento dipolar. A direção do gesto, da mão direita (átomo A) para o espaço à esquerda (átomo B), é consistente com o conceito de vetor momento dipolar, que aponta para o elemento mais eletronegativo. Esse gesto vincula diretamente uma grandeza física abstrata (o vetor) a uma visualização tangível.

Os gestos realizados pela estudante são profundamente alinhados com sua explicação verbal, reforçando conceitos-chave e desempenhando um papel crucial na visualização e articulação de conceitos químicos complexos, como deslocamento eletrônico e formação de polos. Ao organizar os gestos no espaço (com as mãos esquerda e direita representando diferentes polos), a estudante traduz representações abstratas em uma experiência óbvia e concreta.

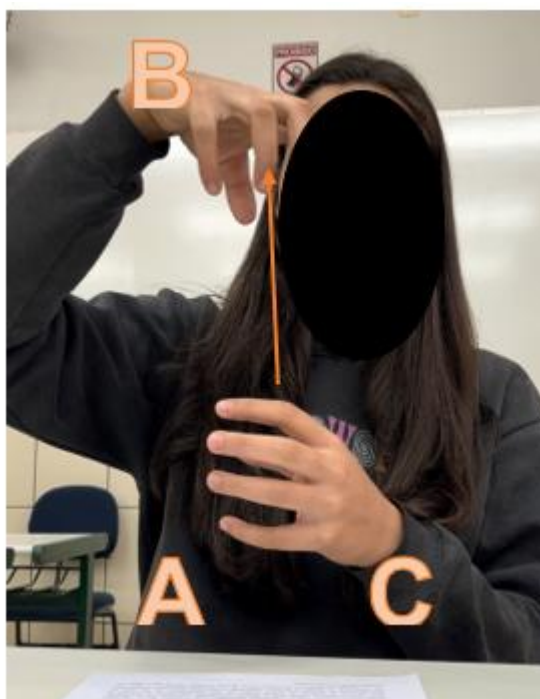
Na tarefa 2, os estudantes trabalharam com modelo molecular de três átomos, onde os átomos A e C possuíam o mesmo valor de eletronegatividade e o átomo B mais eletronegativo.

A E7 utilizou gestos de forma expressiva para representar e explicar o modelo molecular de três átomos (A, B e C), com foco na geometria angular da molécula

escolhida (água) e a relação entre a eletronegatividade e o distanciamento do átomo B (oxigênio) em relação a outros átomos (hidrogênios). Seus gestos desempenharam um papel crucial na tradução de conceitos abstratos em uma representação concreta, auxiliando na explicação verbal.

A Figura 22 apresenta os gestos da estudante E7, para mostrar o distanciamento do átomo de oxigênio.

Figura 22: Estudante E7 descrevendo, por meio de gestos, o distanciamento do átomo de oxigênio.



Fonte: Imagem capturada da entrevista pela autora

A estudante utiliza suas duas mãos para representar uma molécula de água: com a mão esquerda, ela mantém uma posição semicircular. Essa mão simboliza a região inferior da molécula, onde se localizam os dois átomos de hidrogênio. A mão direita é utilizada para representar o átomo de oxigênio, que é o mais eletronegativo da molécula. Ela forma um gesto semelhante a um círculo com as pontas dos dedos próximos, mas não totalmente unidas. A posição da mão direita acima da mão esquerda reflete a posição do oxigênio na geometria angular da molécula.

A estudante demonstra, por meio de gestos, que à medida que a diferença de eletronegatividade aumenta (uma funcionalidade do software de simulação), o átomo B (oxigênio) se afasta dos átomos A e C (hidrogênios). Esse distanciamento é simbolizado pela alteração da posição da mão direita, que se move gradualmente para um ponto mais alto e distante da mão esquerda. Esse movimento reforça a ideia de

que a força de atração do oxigênio sobre os elétrons modifica a geometria molecular. Ela também demonstra ter internalizado a geometria angular da molécula de água e sua ligação com o conceito de eletronegatividade. Sua organização gestual reflete uma imagem mental clara da molécula.

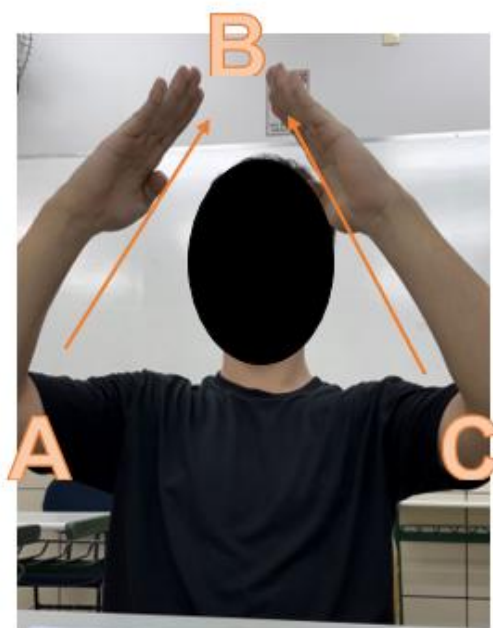
Os gestos, combinados com sua explicação verbal, mostram que a estudante integrou informações conceituais e visuais, utilizando a memória espacial do modelo angular para fundamentar sua resposta.

O E5 também escolheu a molécula da água para representação e demonstrou, por meio de sua fala e gestos, o quanto o software facilitou sua compreensão, por meio da representação visual tridimensional.

O Estudante demonstrou uma compreensão significativa do conceito de momento dipolar e do papel da eletronegatividade na formação da geometria angular da molécula de água. Seus gestos, utilizando os braços, foram usados para representar as setas que indicam o vetor momento dipolar apontando para o átomo mais eletronegativo (oxigênio). Esses gestos revelaram como ele internalizou e representou visualmente o conceito de polaridade molecular e momento dipolar.

A figura 23 mostra o estudante representando, com as mãos, as setas do vetor momento dipolar em direção ao átomo de oxigênio.

Figura 23: Estudante E5 descrevendo, por meio de gestos, a formação do momento dipolar em direção do átomo de oxigênio.



Fonte: Imagem capturada da entrevista pela autora

O estudante utiliza seus braços para representar os vetores de momento

dipolar que apontam na direção do átomo mais eletronegativo (oxigênio): ele posiciona os dois braços para cima, direcionados para um ponto comum, como se cada braço fosse uma seta convergindo na direção do átomo de oxigênio. Suas mãos, fechadas e alinhadas com os braços, reforçam a ideia de vetores direcionados, simbolizando o movimento da densidade eletrônica em direção ao oxigênio.

A escolha do estudante de usar os braços para representar vetores pode ser uma tradução direta das representações visuais tridimensionais vistas no software de simulação virtual. Ele destaca que o uso do simulador facilitou sua compreensão ao fornecer uma visualização clara da geometria molecular e da distribuição de cargas.

A representação gestual do E5 evidencia uma forte habilidade visuoespacial ao traduzir conceitos abstratos, como vetores e polaridade, em movimentos corporais. A utilização dos braços e a atenção à direção reforçam sua capacidade de conectar representações gráficas do software a elementos físicos, como gestos, para demonstrar compreensão.

A simulação virtual desempenhou um papel importante na internalização do conhecimento, facilitando a construção de imagens mentais sólidas que ele expressou gestualmente.

A tarefa 3 trabalhou com os alunos moléculas reais. As questões 15, 16 e 17 apresentaram casos reais. Na entrevista, os alunos foram questionados sobre a dificuldade em responder estas questões e todos os estudantes responderam que não tiveram dificuldade para compreender e responder, mostrando que o trabalho realizado nas tarefas anteriores, com o uso de modelos propostos pelo software de simulação, favoreceu a construção de *drivers* por meio da mediação com o computador, tornando-os capazes de aplicar os conhecimentos adquiridos em situações reais, como as propostas nestas questões.

Somente a E1 respondeu que a sua dificuldade foi relacionar a graxa (derivado do petróleo) com as moléculas apresentadas, portanto a dificuldade da estudante não foi a falta de compreensão em relação ao fenômeno estudado da polaridade das moléculas, mas sim a falta de conhecimento de que os derivados do petróleo, como a graxa, são hidrocarbonetos apolares. Esta dificuldade é compreensível, visto que no primeiro ano os alunos ainda não tiveram aula de química orgânica.

Os estudantes que já possuíam habilidades visuoespaciais, ao interagirem com o software de simulação Polaridade das Moléculas, desenvolveram novos *drivers*, conferindo a eles a capacidade de compreensão em termos de pensamento lógico e

assim, relacionar conceitos fundamentais, tais como eletronegatividade e carga parcial, com a polaridade das moléculas. Pensando na imaterialidade deste conteúdo, foi necessário aos estudantes criarem em suas mentes uma espécie de simulação, análoga à simulação computacional. Esta simulação mental permitiu aos estudantes responderem corretamente a praticamente todas as questões do pós-teste, até mesmo aquelas que trouxeram situações reais e um nível de dificuldade mais elevado.

Após esta análise, compreendemos a tranquilidade com que os alunos participaram desta entrevista, demonstrando segurança para responder as perguntas e explicando como responderam por meio de gestos e falas.

5.4.2 Categorização das falas dos estudantes: uma Análise Textual Discursiva sobre a aprendizagem mediada pelo simulador virtual

Com base na transcrição das entrevistas realizadas com os alunos (Apêndice F), por meio da ATD (Moraes e Galiazzi, 2007), foram identificadas quatro categorias principais que emergiram dos discursos dos estudantes. Essas categorias refletem a mediação hiper cultural fornecida pelo simulador virtual, o desenvolvimento de habilidades visuoespaciais e a aplicação de conhecimentos adquiridos em contextos reais e complexos.

A primeira categoria, *facilitação pela mediação hiper cultural*, refere-se à mediação hiper cultural fornecida pelo simulador. Os estudantes disseram que o desempenho do simulador teve um papel central na construção de uma compreensão mais profunda de conceitos abstratos, como eletronegatividade, polaridade molecular e forças intermoleculares.

O discurso dos participantes evidencia que o simulador desempenhou um papel mais importante de um simples recurso didático. Ele foi percebido como um espaço de experimentação virtual, permitindo aos alunos visualizarem substâncias químicas de forma interativa. Esse processo reforça a aquisição de *drivers* hiper culturais. Os estudantes destacaram que a manipulação prática no simulador se tornou um diferencial para internalizar os conteúdos.

O Quadro 8 apresenta as evidências presentes no discurso dos estudantes relacionadas à contribuição do simulador como ferramenta de mediação hiper cultural, para a construção do conhecimento.

Quadro 8: evidências no discurso dos estudantes relacionadas à contribuição do simulador como ferramenta de mediação hiper cultural para a construção do conhecimento.

Aluno	Evidências no Discurso
E1	Atribuiu ao simulador a facilidade para diferenciar moléculas polares e apolares e compreender eletronegatividade.
E2	Comentou que o simulador ajudou a tornar conceitos abstratos mais concretos e práticos.
E3	Reconheceu o simulador como essencial para conectar teoria com prática, destacando as forças entre dipolos permanentes.
E4	Relatou que o simulador permitiu relacionar conceitos teóricos com representações práticas de polaridade molecular.
E5	Indicou que o simulador contribuiu para entender conceitos abstratos como forças intermoleculares e moléculas reais.
E6	Ressaltou a importância do simulador na transição de conceitos teóricos para aplicações práticas de eletronegatividade.
E7	Expôs como o simulador foi essencial para conectar conhecimentos teóricos e aplicá-los em situações reais.

Fonte: Elaborado pela autora.

A segunda categoria identificada, *Desenvolvimento de Habilidades Visuoespaciais*, diz respeito às habilidades visuoespaciais desenvolvidas pelos alunos ao interagir com o simulador. O ambiente virtual possibilitou a manipulação tridimensional de moléculas, promovendo uma compreensão visual clara das interações moleculares e das configurações no campo elétrico. Os participantes disseram que a visualização de moléculas em um espaço tridimensional ajudou a representar, de maneira precisa, conceitos como a formação de cargas parciais e o comportamento de moléculas diante de campos elétricos. A interação com o simulador permitiu que os alunos projetassem espacialmente suas compreensões, um processo fundamental para a aprendizagem de conteúdos complexos em química. Dessa forma, o simulador funcionou como um facilitador da imaginação e do raciocínio visuoespacial, reforçando habilidades essenciais para a compreensão de conhecimentos científicos. O quadro 9 apresenta as evidências no discurso dos estudantes em relação ao desenvolvimento das habilidades de visualização e manipulação tridimensional das moléculas.

Quadro 9: evidências no discurso dos estudantes em relação ao desenvolvimento das habilidades de visualização e manipulação tridimensional das moléculas.

Aluno	Evidências no Discurso
E1	Utilizou o simulador para imaginar tridimensionalmente as configurações moleculares em diferentes cenários.
E2	Manipulou moléculas virtualmente, observando cargas parciais e comportamentos em campos elétricos.
E3	Criou representações visuais claras de moléculas no campo elétrico, utilizando conceitos de polaridade e eletronegatividade.
E4	Destacou a visualização tridimensional fornecida pelo simulador como fundamental para compreender moléculas.
E5	Demonstrou habilidade para configurar moléculas no simulador e representar suas interações em campos elétricos.
E6	Representou moléculas no simulador, observando a interação de átomos com diferentes eletronegatividades.
E7	Relatou a contribuição do simulador na visualização geométrica e interação molecular tridimensional.

Fonte: Elaborado pela autora.

A terceira categoria analítica, *transferência de conhecimentos para contextos reais*, aborda a capacidade dos alunos de transferirem o conhecimento adquirido no ambiente virtual para situações práticas e reais. Durante as entrevistas, ficou evidente que o aprendizado mediado pelo simulador não se restringiu ao ambiente digital, mas foi aplicado com sucesso a problemas do cotidiano, como a solubilidade de moléculas e a limpeza de substâncias apolares.

Esse processo de transferência demonstra que o simulador não apenas reforça os conceitos, mas também promove a capacidade de aplicar esses conhecimentos em contextos práticos. A mediação hiper cultural do simulador ajudou a superar a lacuna entre a abstração teórica e a prática experimental, permitindo que os alunos utilizassem o aprendizado de forma eficaz em problemas reais. Essa aplicação prática é uma evidência clara da aquisição de competências hiper culturais, nas quais o conhecimento digital é transferido para a resolução de situações complexas do mundo físico. O quadro 10 apresenta as evidências no discurso dos estudantes em relação à transferência de conhecimentos para contextos reais.

Quadro 10: Evidências no discurso dos estudantes em relação à transferência de conhecimentos para contextos reais.

Aluno	Evidências no Discurso
E1	Aplicou o entendimento de polaridade em moléculas reais após a mediação com o simulador.
E2	Transferiu conhecimentos adquiridos no simulador para compreender questões relacionadas à solubilidade.
E3	Relacionou forças intermoleculares observadas no simulador com situações práticas, como interações em moléculas reais.
E4	Usou o aprendizado do simulador para resolver questões relacionadas a situações reais de moléculas polares e apolares.
E5	Relacionou interações moleculares observadas no simulador com contextos práticos, como a limpeza de graxa.
E6	Aplicou conceitos de eletronegatividade e polaridade para representar moléculas reais em situações do cotidiano.
E7	Demonstrou que o simulador auxiliou na compreensão e aplicação de regras de solubilidade em moléculas reais.

Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, a quarta categoria, *facilitação na solução de problemas complexos*, abordou a facilidade que os alunos relatam ao resolver questões complexas com o auxílio do simulador. A interação com o ambiente digital permitiu que eles visualizassem e manipulassem moléculas, simplificando a compreensão de conceitos químicos, como interações intermoleculares, polaridade e formação de cargas parciais. Os discursos destacam que o simulador apresentou uma base sólida para que os estudantes identificassem rapidamente as respostas corretas, muitas vezes utilizando estratégias como exclusão e visualização direta. Essa mediação digital também proporcionou um ambiente seguro para experimentação, no qual os alunos puderam cometer erros e corrigi-los, promovendo um aprendizado mais eficaz. Assim, o simulador se posicionou como uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de resolução de problemas. O quadro 11 apresenta as evidências no discurso dos estudantes em relação ao desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de resolução de problemas.

Quadro 11: Evidências no discurso dos estudantes em relação ao desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de resolução de problemas.

Aluno	Evidências no Discurso
E1	Resolveu problemas complexos por exclusão, utilizando o simulador para visualizar e especificar respostas.
E2	Destacou a ajuda fornecida pelo simulador para resolver questões envolvendo cargas parciais e polaridade.
E3	Mencionou que o simulador facilitou a interpretação de moléculas no campo elétrico.
E4	Relatou facilidade em resolver questões envolvendo moléculas de diferentes eletronegatividades com o apoio do simulador.
E5	Indicou que o simulador foi uma ferramenta central para compreender e resolver problemas relacionados a forças intermoleculares.
E6	Utilizou o simulador para visualizar e solucionar problemas complexos de interações intermoleculares e campo elétrico.
E7	Aplicou o simulador para compreender interações de moléculas e resolver problemas de solubilidade com facilidade.

Fonte: Elaborado pela autora.

A análise textual discursiva da transcrição das entrevistas revela que o simulador virtual foi mais do que um simples recurso educativo. Ele se configurou como uma ferramenta mediadora de aprendizagens hiper culturais, desenvolvendo habilidades visuoespaciais e permitindo a aplicação de conhecimentos em contextos reais e complexos.

A interação com a ferramenta hiper cultural não apenas facilitou o aprendizado durante a prática, mas também promoveu o desenvolvimento de *drivers* hiper culturais nos estudantes, que permaneceram mesmo após a mediação com o simulador ter terminado. Esse aspecto foi evidenciado pelo fato de a entrevista ter ocorrido uma semana após a aula prática com o simulador, demonstrando que os conceitos e habilidades adquiridos permaneceram após a experiência imediata.

Muitas competências foram desenvolvidas ao longo desse processo de mediação, como a capacidade de visualizar moléculas tridimensionalmente, resolver problemas complexos e aplicar conceitos abstratos em contextos práticos. Essas

competências não apenas enriqueceram o aprendizado momentâneo, mas modificaram as estruturas cognitivas dos estudantes.

5.5 Análise da avaliação da atividade

No quarto dia do desenvolvimento da Sequência Didática, também foi aplicado um questionário a fim de verificar as dificuldades e avaliar a aceitação dos estudantes em relação ao software de simulação virtual "Polaridade da Molécula" (Apêndice E). O questionário era composto de 4 questões e 7 alunos responderam ao questionário.

A questão 1: *“Sobre a utilização do software de simulação Polaridade da Molécula (PhET), assinale uma ou mais alternativas de acordo com a sua opinião”*; e a questão 2: *“Se você teve alguma dificuldade para manusear o software de simulação Polaridade da Molécula (PhET) escreva quais foram estas dificuldades”*, avaliaram as dificuldades que os alunos tiveram durante as atividades desenvolvidas com o uso do simulador.

Somente o E5 afirmou ter dificuldade, porém foi com o idioma do software, o inglês. O aluno afirmou se confundir e alguns momentos, ou seja, sua dificuldade foi na tradução da língua inglesa e não a respeito do conteúdo ou do software de simulação.

A questão 3 *“Quais as contribuições que o software Polaridade da Molécula (PhET) lhe proporcionou para aprender o conteúdo durante as aulas de química?”* avaliou a receptividade dos estudantes em relação ao uso da simulação virtual para o aprendizado da Polaridade das Moléculas. Todos os estudantes responderam que o uso da simulação favoreceu o aprendizado sobre este conteúdo.

Os E3 e E4 responderam que a visualização das imagens favoreceu a compreensão. O E4 respondeu também que a possibilidade de manusear e “mudar” os modelos propostos pelo simulador tornou mais fácil de aprender.

O E5 respondeu que o fato do simulador mostrar quais átomos eram mais eletronegativos também favoreceu a aprendizagem.

Os E6 e E7 relataram que aprenderam na prática, com a simulação das moléculas, pois tiveram mais noção sobre o conceito estudado e com isso ficou mais fácil aprender.

Na questão 4 *“O conteúdo Polaridade das Moléculas foi abordado em dois momentos: primeiramente em sala de aula utilizando a lousa. Em seguida fomos para*

o laboratório de informática e utilizamos o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET). Em sua opinião, indique qual das abordagens foi mais útil para melhor compreensão dos conceitos.

Os E1, E3, E6 e E7 responderam que as duas abordagens (aula introdutória em sala de aula e aula prática realizada no laboratório de informática com o uso da simulação virtual) foram importantes, mas que a aula prática com o uso do simulador favoreceu a aprendizagem. Todos os demais estudantes responderam preferir a abordagem usando o simulador virtual. Mediante as respostas a esta avaliação, observamos que os estudantes reconhecem cognitivamente que o software de simulação virtual é uma ferramenta bastante útil para a compreensão de processos químicos, até então desconhecidos por eles, a respeito de polaridade e solubilidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve por objetivo principal analisar, como o uso de ferramentas hiper culturais como simulações computacionais, integradas a sequências didáticas fundamentadas no referencial teórico de Zabala (1998) e à Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004), pode contribuir para o ensino de Química, especialmente no aprendizado de conceitos abstratos como a polaridade molecular. A seguir, trazemos as reflexões sobre o alcance dos objetivos gerais e específicos, a resposta à questão de pesquisa e as implicações dos resultados obtidos.

A questão central, motor desta pesquisa foi: *“De que maneira a integração de ferramentas hiper culturais, como simulações computacionais, em sequências didáticas fundamentadas no referencial teórico de Zabala (1998) pode contribuir para a aprendizagem de conceitos abstratos, como a polaridade molecular, no ensino de Química, à luz da Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004)?”*

Os resultados obtidos permitiram responder de forma clara e positiva a essa questão. A integração do simulador "Polaridade da Molécula", da plataforma *PhET*, em sequências didáticas planejadas com base nos referenciais teóricos de Zabala (1998) e Souza (2004), demonstrou ser uma estratégia eficaz para a aprendizagem de conceitos abstratos. Essa abordagem possibilitou que os estudantes conectassem os níveis macroscópico, microscópico e simbólico da Química, superando um dos maiores desafios dessa disciplina.

Além disso, o simulador facilitou o desenvolvimento de *drivers* cognitivos hiper culturais — mecanismos internos de mediação descritos por Souza (2004) — que permitiram aos estudantes internalizarem e aplicarem os conceitos aprendidos. O uso das ferramentas hiper culturais foi decisivo para transformar o aprendizado em uma experiência interativa, prática e engajadora, promovendo uma compreensão mais profunda dos conceitos de polaridade molecular.

O objetivo geral de analisar como ferramentas hiper culturais integradas a sequências didáticas pode melhorar o ensino de Química no Ensino Médio foi plenamente alcançado. A sequência didática planejada e implementada nesta pesquisa demonstrou que o uso de simuladores computacionais permite alinhar o ensino às demandas tecnológicas contemporâneas, promovendo práticas pedagógicas inovadoras e conectadas com a realidade dos estudantes.

A sequência didática desenvolvida foi estruturada com base no referencial teórico de Zabala (1998) e na Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2004), integrando ferramentas hiper culturais ao ensino de polaridade molecular no Ensino Médio, atendendo ao primeiro objetivo específico desta pesquisa. Esse planejamento combinou aulas teóricas e práticas, utilizando o simulador Polaridade da Molécula, o que permitiu uma construção progressiva do conhecimento e favoreceu uma interação dinâmica e efetiva entre os estudantes e os conceitos abordados.

A utilização do simulador computacional também atingiu o segundo objetivo específico, que consistia em investigar como essa ferramenta contribui para a aquisição de novos *drivers* cognitivos, que são mecanismos internos de mediação responsáveis por internalizar o aprendizado (Souza, 2004). Essa evolução cognitiva foi evidenciada tanto pelos resultados obtidos no pós-teste quanto pelas análises qualitativas das entrevistas realizadas, por meio da Análise Textual Discursiva (Moraes e Galazzi, 2007) e da Análise Gestual Descritiva (Monaghan e Clement, 1999; Stephens e Clement, 2010). Esses novos *drivers* hiper culturais proporcionaram uma compreensão mais sólida e significativa dos conceitos trabalhados, promovendo um aprendizado mais aprofundado.

No que tange ao terceiro objetivo específico, as atividades propostas estimularam o desenvolvimento das habilidades de visualização mental dos estudantes, fundamentais para a compreensão de conceitos abstratos como polaridade molecular. A análise dos dados mostrou que os estudantes desenvolveram maior clareza na representação de modelos moleculares e na interpretação de fenômenos químicos, demonstrando avanços consistentes na evolução conceitual e cognitiva.

Além dos dados verbais e escritos, destacou-se o papel expressivo dos gestos corporais como parte integrante do raciocínio químico. Embora os gestos variassem entre os estudantes, cada um encontrou maneiras próprias de expressar, utilizando gestos com as mãos e braços para criar uma metáfora visual.

Essa articulação entre o gesto e a fala reforça a importância de abordagens multissensoriais e hiper culturais no ensino de Química, sobretudo quando se busca a compreensão de fenômenos abstratos e conceitualmente complexos.

O quarto objetivo específico, que envolvia a avaliação das contribuições do uso de simulações computacionais no aprendizado, com ênfase na relação entre visualização mental, compreensão conceitual e engajamento dos estudantes, também

foi atingido. O uso do simulador Polaridade da Molécula foi um fator central para a melhoria do aprendizado, facilitando a compreensão de conteúdos complexos e aumentando o engajamento dos estudantes. Relatos indicam que as aulas se tornaram mais dinâmicas e interativas, o que foi confirmado pelo progresso no desempenho acadêmico dos estudantes. Essa interação prática e visual possibilitou que os alunos conectassem teoria e prática de forma mais eficaz e interessante.

Por fim, o quinto objetivo específico, que buscava examinar as potencialidades e limitações da abordagem didática baseada em ferramentas hiper culturais, também foi contemplado. Entre as potencialidades destacaram-se a capacidade de conectar os diferentes níveis representacionais da Química (macroscópico, microscópico e simbólico) e a possibilidade de proporcionar experiências de simulação que não seriam viáveis em laboratórios escolares convencionais. Contudo, foram identificadas limitações, como a infraestrutura tecnológica insuficiente em algumas escolas e a necessidade de maior capacitação docente para a utilização eficiente dessas ferramentas. Esses desafios reforçam a importância de investimentos em recursos tecnológicos e na formação continuada dos professores para garantir a plena integração dessas práticas inovadoras no ensino de Química.

Entendemos ter abordado de forma satisfatória a questão central e nos aproximado de seus objetivos geral e específicos, demonstrando o potencial transformador das ferramentas hiper culturais no ensino de Química. Os resultados destacam a importância de práticas pedagógicas que integrem tecnologias digitais ao processo de ensino e de aprendizagem, promovendo processos didáticos mais dinâmicos e alinhados às realidades contemporâneas, capazes de superar as limitações das metodologias tradicionais. Espera-se que os resultados apresentados sirvam de inspiração para novas pesquisas e práticas educacionais, contribuindo para uma educação mais inovadora e eficaz, que possa dialogar mais efetivamente com as demandas do século XXI.

REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO, E.A.; BARROS, I.C.L. Resolução de problemas articulados à experimentação para abordagem de conteúdos químicos relacionados à qualidade temática da gasolina para o ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 16, p. 1–19, 2021. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/833>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- AUSUBEL, D.P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2002.
- BACELAR, M.S.; FRANÇA, K.S.; ORLANDA, J.F.F. Explorando a química orgânica através da produção de bioplásticos: uma proposta didática para o ensino médio. CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – CONEDU, 10º, 2024, Campina Grande. Anais [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <https://mail.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/110169>. Acesso em: 9 abr. 2025.
- BARBOSA, et al. Grupos cromóforos e sua relação com a cor: produto educacional para uma abordagem experimental investigativa da química orgânica no ensino médio. *Revista Virtual de Química*, v. 3, p. 663–676, 2021. Acesso em: 20 mar. 2025.
- BATISTA, PS; PEREIRA, MC. O uso de experimentos no ensino de bioquímica como estratégia de mediação no processo de ensino e aprendizagem. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 1, p. 140–154, 2023. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/ensino-de-bioquimica>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- BIOTTO, C. N. *Tecnologias Digitais no Ensino Médio: reflexões e propostas para a prática docente*. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2022.
- BIOTTO, RT. *Pressupostos epistemológicos em tecnologias digitais da informação e comunicação propostos no material didático da rede estadual de São Paulo para o ensino de química*. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto Alegre: Artmed, 1994.
- BORGES, A. M. et al. Polaridade molecular e saponificação em livros didáticos: uma análise iconográfica e prática. *Revista Química na Escola*, v. 43, n. 1, p. 12–20, 2021.
- BORGES, R.; COLOMBO, K.; FÁVERO, T.; BORGES, JH. Uma visão multi e interdisciplinar a partir da prática de saponificação. *Química Nova na Escola*, v. 3, p. 77–84, 2021. Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc43_3/Qnesc_43-3_revista_baixa.pdf#page=77. Acesso em: 20 mar. 2025.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 19 mar. 2025.

CÂNDIDO, D. de P.; HERBST, MH. Agrotóxicos como tema gerador para o ensino-aprendizagem das propriedades físico-químicas de compostos orgânicos: uma proposta para o Ensino Médio. *Revista Debates em Ensino de Química (REDEQUIM)*, v. 1, p. 1–14, 2022. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/4904>. Acesso em: 20 mar. 2025.

CARVALHO, PS. Uso de simulações virtuais no ensino de balanceamento de equações químicas no contexto do construcionismo educacional. Repositório UFC, 2024.

CASA-COILA, JE; MAMANI-VILCA, RJ. Uso de simuladores virtuais para fortalecer o ensino de Química em nível superior. GONZALES-HUAMAN, R. (org.). *Atas do II Congresso Internacional de Inovação, Ciência e Tecnologia INUDI – UH 2024*. Puno: Universidade de Huánuco, 2024. p. 392–400. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/380016482>. Acesso em: 20 mar. 2025.

CHAGAS, C. F. Questionário: instrumento de coleta de dados. *Revista Brasileira de Educação*, v. 15, n. 1, p. 75-89, 2000.

COSTA, A. F. Questionários eletrônicos no ensino de ciências: possibilidades e limitações. *Revista de Ensino de Ciências*, v. 22, n. 1, p. 112-125, 2018.

CUNHA, A. R. *O uso de simuladores como estratégia didática para ensino análogo aos conceitos e fenômenos químicos dos gases*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Londrina. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30018>. Acesso em: 20 mar. 2025.

CUNHA, Francisco Moreira. *Tecnologias digitais no ensino de química: abordagens interativas e ambientes virtuais de aprendizagem*. 2021. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Bagé, 2021.

DA CUNHA, et al. O uso do origami especial como recurso pedagógico para a compreensão da geometria espacial das moléculas. *Revista Virtual de Química*, v. 1, p. 1–16, 2023. Disponível em: <https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.sites.sbq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/RVq220324-a1.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.

DENZIN, N. K. *The Research Act: A theoretical introduction to sociological methods*. New York: McGraw-Hill, 1978.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. *Handbook of Qualitative Research*. Thousand Oaks: SAGE Publications, 1994.

FERNANDES, A. C.; LOCATELLI, M. M. Três níveis de representação no ensino de Química: uma proposta de integração com livros didáticos. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 12, n. 4, p. 28-45, 2021.

FERNANDES, B. G.; LOCATELLI, S. W. Acesso e transição nos níveis representacionais durante a construção de modelos explicativos sobre interações intermoleculares. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)*, v. 21, e20017, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/20017>. Acesso em: 20 mar. 2025.

FERREIRA, A. S.; SANTOS NETO, E. M.; SANTOS, F. da S. Ferramentas lúdicas para intermediação pedagógica aplicada ao ensino de química. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, v. 8, n. 4, p. 26857–26868, 2022. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/download/44235/pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.

FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

FREITAS, R. B. Plataforma digital ON: espaço de formação para os professores da educação básica. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34966>. Acesso em: 20 mar. 2025.

FREITAS, R. F. Tecnologias digitais como *drivers* hiper culturais: mediação no ensino de ciências. *Revista Ciência e Educação*, v. 25, n. 3, p. 549-568, 2019.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODA, M. C. *et al. Multiversos: Ciências da Natureza*. São Paulo: Moderna, 2020. (Coleção PNL D 2021).

GOMES, A. de O. Solubilidade de compostos orgânicos: abordagem investigativa em aulas de Química. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/60951>. Acesso em: 20 mar. 2025.

GUAITÁ, R. I.; GONÇALVES, F. P. Experimentação articulada às tecnologias digitais de informação e comunicação: problematizações de conhecimentos na formação de professores de Química. *Química Nova*, v. 6, p. 773–780, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/MPxXGRMHrCXGVVfRDGWQHsj/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

GUAITA, L. M. A.; GONÇALVES, A. M. A modelagem molecular como recurso didático no ensino de Química: possibilidades e limitações. *Revista Brasileira de Ensino de Química*, v. 39, n. 2, p. 187-206, 2022.

GUITA, A. M.; GONÇALVES, M. R. Ferramentas digitais no ensino de química: contribuições dos simuladores computacionais para a visualização molecular. *Química Nova na Escola*, v. 44, n. 1, p. 21–30, 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: Tecnologia da Informação e Comunicação 2023. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 28 mar.

2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/17270-pnad-continua.html?edicao=42248>. Acesso em: 20 mar. 2025.

KURT, L. Frontiers in Group Dynamics. *Human Relations*, v. 1, n. 1, p. 5–41, 1946.

KVALE, S. *Interviews: An introduction to qualitative research interviewing*. London: Sage, 1996.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LARA, R. S.; MARTINS, D. B. O uso de simuladores no ensino de Química. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 6, p. 139–162, 2017. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/simuladores-no-ensino-de-quimica>. Acesso em: 20 mar. 2025.

LEAL, A. R. P.; MALTEZ, F. C. A. As tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC) na Educação. *Revista Educação Pública*, v. 22, 2021. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/22/as-tecnologias-digitais-da-informacao-e-comunicacao-tdic-na-educacao>. Acesso em: 20 mar. 2025.

LEAL, T. M. P.; MALTEZ, J. R. O uso de tecnologias digitais da informação e comunicação no ensino de Química: uma revisão da literatura. *Educação Química em Pauta*, v. 10, n. 1, p. 38–57, 2021.

LIBÂNEO, J. C. *Didático*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1994.

LIÉGEOIS, H. et al. Atividades práticas investigativas no ensino de Química com abordagem temática dos agrotóxicos. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 1, p. 306–330, 2024. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/ensa/article/view/56677>. Acesso em: 20 mar. 2025.

LIMA, G. C. B. A influência da polaridade dos solventes na proteção de pigmentos vegetais. *Revista Educação Química em Pauta*, v. 2, p. 23–37, 2024. Disponível em: <https://revistas.uneb.br/index.php/quimicaempauta/article/view/16917>. Acesso em: 20 mar. 2025.

LIMA, M. T. Cromatografia e extração por solventes no ensino de química: polaridade e técnicas analíticas. *Revista Brasileira de Ensino de Química*, v. 45, n. 1, p. 88–102, 2024.

LIMA, T. R. O uso de sequência didática no ensino de Química: um caminho para a aprendizagem significativa. *Revista Educação e Ciências*, v. 13, n. 1, p. 33–46, 2018.

LIMA, L.P.; et al. A utilização de produtos naturais como alternativa para o ensino de química: uma revisão. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 11, n. 6, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/29588/25583>. Acesso em: 20 mar. 2025.

LOPES, G. C.; ROSSO, L. F. *Ciências da Natureza: Ensino Médio*. São Paulo: FTD, 2020. (Coleção PNLD 2021).

MARUYAMA, J. A. Laboratórios virtuais para o ensino de química: potencialidades e limites na perspectiva de estudantes de graduação. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, 2022.

MARTINS, L. C. Cognição e aprendizagem significativa: o papel da visualização e gestos no ensino de Geometria Molecular. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, v. 16, n. 4, p. 2362–2382, 2021.

MARTÍRIOS, J. S. O uso de sequência didática como estratégia de ensino para o conteúdo de polaridade das ligações químicas. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Instituto Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifpr.edu.br/handle/123456789/2098>. Acesso em: 20 mar. 2025.

MEDEIROS, E. J. R.; LOPES, S. R. R. A utilização de recursos digitais para o ensino de ciências: impacto das plataformas interativas e vídeos educativos. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 11, n. 3, p. 45–60, 2017.

MEDEIROS, J. L. de L. Parâmetros e indicadores de alfabetização científica: análise dos objetos de conhecimento relativos às transformações químicas em livros didáticos de ciências. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/30467>. Acesso em: 20 mar. 2025.

MEDEIROS, U. K. L.; LOPES, R. O. M. Criação do jogo “Um passeio na indústria de laticínios” promoveu a educação ambiental no curso técnico de alimentos. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 2, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/317254453>. Acesso em: 20 mar. 2025.

MEGGIOLARO, M. B. Mediação cognitiva no ensino de eletrostática: uma abordagem com base na Teoria da Mediação Cognitiva. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 2, p. 327–351, 2020.

MELO, R. M. A. V.; PIRES, S. P.; SANTOS, M. J. A formação continuada na pandemia: contribuições para o trabalho e a profissionalização docente. *Revista MultiAtual*, 2020.

MINAYO, M. C. S. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 9, p. 921–944, 1999.

MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. Use of gesture in interviews for conceptual change. *International Journal of Science Education*, v. 21, n. 3, p. 229–245, 1999.

MORAES, R. Análise de conteúdo. *Educação*, v. 22, n. 37, p. 7–32, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C.; RAMOS, L. M. Análise textual discursiva: um novo método de análise qualitativa de dados. In: Anais do XI Congresso de Ensino Superior, Pelotas, 2005.

MORTIMER, E. F. et al. *Matéria, Energia e Vida: Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. São Paulo: Moderna, 2020. (Coleção PNLD 2021).

NECHYPURENKO, L.; SELIVANOVA, T. Using Virtual Laboratories in the Study of Solutions in Chemistry Classes. *Czech-Polish Historical and Pedagogical Journal*, v. 14, n. 2, p. 71–82, 2022. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/109194199/Diagramacao.Volume2.pdf#page=75>. Acesso em: 20 mar. 2025.

OLIVEIRA, R. S.; COSTA, F. J. O ensino de carga elétrica e suas mediações cognitivas. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 14, n. 2, p. 122–135, 2020.

PAPADIMITROPOULOS, L.; DALACOSTA, K. STEM, programação e indagação em futuros mestros/as: avaliação do projeto iSTEMduino. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 1, 2025. Disponível em: <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v43-n1-ballesta-roua-jerez-et-al>. Acesso em: 20 mar. 2025.

PAPADIMITROPOULOS, S.; DALACOSTA, K. Abordagens híbridas no ensino experimental com uso de Arduino e ambientes virtuais. *European Journal of Science Education*, v. 6, n. 1, p. 27–45, 2021.

PEREIRA, R. S. G.; MORAES, V. R. de. Ensino de química e origem da vida: possibilidades a partir das tecnologias digitais da informação e comunicação – TDIC. *Revista Cenas Educacionais*, v. 1, p. 1–22, 2023. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/cenaseducacionais/article/view/17031>. Acesso em: 20 mar. 2025.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. Molecule Polarity. University of Colorado Boulder, 2022. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/molecule-polarity. Acesso em: 20 mar. 2025.

PIEPER, E. C. Simulações computacionais no ensino de eletromagnetismo: uma abordagem baseada na Teoria da Mediação Cognitiva. *Ensino em Re-Vista*, v. 26, n. 3, p. 456–475, 2019.

PRATES, B. X. Radioatividade: uma proposta para o ensino de Química com utilização de simuladores. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/4287>. Acesso em: 20 mar. 2025.

RAMOS, L. M. O uso da técnica “Report Aloud” para compreensão dos processos cognitivos em situações-problema. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 15, n. 2, p. 345–363, 2015.

REIS, L. C. O efeito fotoelétrico e a aprendizagem significativa: uma abordagem teórica e experimental. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 4, p. 4902–4919, 2019.

REIS, M. da S.; PENA, N. Metodologias ativas como mediação pedagógica no ensino superior. *Argumentos Pró-Educação*, 2020.

REIS, T. R.; PENA, M. A. M. Balanceamento de equações químicas com o uso do PhET: uma proposta didática. *Revista de Educação em Química*, v. 11, n. 2, p. 123–138, 2020.

RODRIGUES, G. C.; BENEVIDES, M. R.; SILVA, L. A. da. Sequências didáticas como apoio ao ensino de densidade, polaridade e pH por meio dos simuladores virtuais PhET. *Revista Contexto & Educação Matemática*, v. 36, p. 1–18, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/view/6191>. Acesso em: 20 mar. 2025.

RODRIGUES, L. R.; NASCIMENTO, A. C. Simuladores virtuais no ensino de Química: experiências formativas de licenciandos. *Educação em Foco*, v. 25, n. 1, p. 102–118, 2020.

RODRIGUES, *et al.* Pesquisa-ação: diagnóstico e perspectiva sistêmica das tecnologias de informação e comunicação na educação básica. *Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão (SIEPEX)*, 2021.

SAMPAIO, D. R. Interações intermoleculares: uma proposta de ensino aliada a método. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/4285>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SANTANA, L. M.; GOMES, M. J. F.; BRITO, P. T. A. O uso dos simuladores PhET como estratégia pedagógica para o ensino de Química. In: ARAYA, A. M. O.; GIBIN, G. B.; SOUZA FILHO, M. P. (org.). *O ensino de Ciências e as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC): pesquisas desenvolvidas na educação básica*. São Paulo: SciELO Livros, 2021. p. 99–116. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/cwcpz/pdf/araya-9786557140543.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SANTANA, T. M. L. et al. O uso do PhET no ensino médio: percepções de estudantes. *Revista Práticas em Ensino de Ciências*, v. 6, n. 2, p. 345–363, 2021.

SANTOS, R. C. et al. *Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. São Paulo: FTD Educação, 2020. (Coleção PNLD 2021).

SERIBELI, A. P. et al. Interações intermoleculares no livro didático de química do ensino médio: uma análise crítica da abordagem conceitual. *Revista Educação, Ciência e Cultura*, v. 28, n. 2, p. 45–61, 2023.

SERIBELI, F. L.; MAXIMIANO, F. A.; PEREIRA, M. C. G. Interações Intermoleculares: análise dos livros de Química do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio. *Educação Química em Ponto de Vista*, v. 1, p. 46–64, 2023. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/3205>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SILVA, A. P. Formação de professores e sustentabilidade: a experimentação com materiais de baixo custo para o ensino de ciências no município de Ibaretama-Ceará. *Repositório UNILAB*, 2024.

SILVA, C. F. Visualização mental e simulação no ensino de polaridade molecular. *Revista de Ensino de Química*, v. 5, n. 1, p. 34–48, 2024.

SILVA, C. R. N. Proposta teórico-experimental de sequência didática sobre interações intermoleculares: emulsões por meio de cosméticos. *Repositório do IFES*, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br>. Acesso em: 19 mar. 2025.

SILVA, F. G.; PEREIRA, A. L. Uma análise praxeológica das interações intermoleculares em livros do PNLD 2021. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 14, n. 1, p. 203–222, 2024.

SILVA, K. S.; PEREIRA, R. dos S. Explorando as interações intermoleculares: uma análise praxeológica nos livros didáticos de Ciências da Natureza. *Scientia Naturalis*, v. 6, n. 1, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/7373>. Acesso em: 20 mar. 2025.

SILVA, L. F.; SANTOS, G. D. Modelagem molecular e polaridade: uma análise didática com base na TMC. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 20, n. 1, p. 129–148, 2020.

SILVA, L. M. da; ROSA, R. A. O caso dos rabiscos das canetas: uma abordagem para o ensino de Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 22, n. 2, p. 121–137, 2023. Disponível em: https://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen22/REEC_22_2_9_ex2067_896.pdf. Acesso em: 20 mar. 2025.

SILVA, N. P. da. Mapa digital da comunidade: identidades e locais em redes sociais. *Revista de Estudos Culturais*, 2024. Disponível em: https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&auth_type=crawler&jrnl=21780463&AN=182489461. Acesso em: 20 mar. 2025.

SILVA, R. M.; ROSA, L. F. O uso de casos reais para ensino de interações intermoleculares: uma experiência com estudantes do Ensino Médio. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 14, n. 1, p. 95–112, 2023.

SILVA, R. F. A eficácia dos questionários pré e pós-teste no ensino de ciências. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 2, n. 3, p. 45–57, 2014.

SOEIRO, J. E. M. Bioinformática estrutural aplicada à bioprospecção alvo-direcionada de compostos com potencial antitumoral. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/73603/3/2023_tcc_jemsoeiro.pdf. Acesso em: 20 mar. 2025.

SOUSA, B. C. de. A teoria da mediação cognitiva: os impactos cognitivos da hipercultura e da mediação digital. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2004. Tese (Doutorado em Psicologia Cognitiva).

SOUSA, B. C. de. Cognitivismo e cultura digital. *Revista da ANPEPP*, v. 12, n. 1, p. 35–52, 2006.

SOUSA, B. C. de. Inteligência informacional e desempenho acadêmico na era da hipercultura. *Revista Brasileira de Psicologia Educacional*, v. 22, n. 1, p. 83–102, 2020.

SOUSA, B. C. de. *et al.* A TMC aplicada em ambientes digitais. *Psicologia e Sociedade*, v. 24, n. 1, p. 102–118, 2012.

SOUSA, B. C. de. *et al.* Imagens mentais e percepção ambiental. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 33, n. 2, p. 151–165, 2017.

SOUSA, B. C. de. *et al.* Impactos da hipercultura em ambientes de consultoria. *Gestão e Desenvolvimento*, v. 10, n. 2, p. 187–206, 2012.

SOUSA, B. C. de. *et al.* Jogos eletrônicos e cognição: uma abordagem com base na TMC. *Revista de Psicologia Cognitiva*, v. 5, n. 1, p. 115–129, 2010.

SOUSA, B. C. de.; PAULA, T. L. Inteligência informacional e desempenho acadêmico na era da hipercultura. *Revista Brasileira de Psicologia Educacional*, v. 22, n. 1, p. 83–102, 2020.

STAKE, R. E. *The art of case study research*. Thousand Oaks: Sage, 1995.

STEPHENS, L. J.; CLEMENT, J. Descriptive gestures as evidence of dynamic mental imagery in scientific reasoning. *International Journal of Science Education*, v. 32, n. 4, p. 583–604, 2010.

THOMPSON, A. G. *et al.* *Conexões com a Química: Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. São Paulo: Moderna, 2020.

THOMPSON, L. B. *et al.* *Conexões: Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. São Paulo: Moderna, 2020.

TOMAZ, G. S. *et al.* O uso da resolução de problemas na abordagem do conteúdo polaridade: a água como tema gerador. *Revista Ensino de Química*, v. 24, n. 2, p. 57–72, 2019.

TOMAZ, R. *et al.* Uma proposta de ensino de polaridade das ligações químicas com uso da situação-problema e da água como tema gerador. *Química Nova na Escola*, v. 41, n. 1, p. 66–73, 2019. Disponível em: <https://qnesc.sbq.org.br/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

TORRES, P. *et al.* *Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. São Paulo: Moderna, 2020.

TRINDADE, R. *et al.* Laboratório virtual de reações orgânicas como alternativa de ensino na educação básica. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, v. 2, n. 1, p. 1–15, 2022. Disponível em: <https://revistas.uneb.br/index.php/ludus/article/view/14810>. Acesso em: 20 mar. 2025.

TREVISAN, E. F. A construção de imagens mentais no ensino de ciências: uma proposta metodológica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 33, n. 2, p. 381–402, 2016.

TREVISAN, E. F. Imagens mentais e perfis epistemológicos na mecânica quântica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 1, p. 203–221, 2017.

TSAI, C.-Y. et al. Laboratory development for chemistry education: a virtual simulation approach. *International Journal of Science Education*, v. 43, n. 1, p. 50–68, 2021.

URQUIZO, A. H.; SÁNCHEZ, M. R. Simulações durante a pandemia: o uso de laboratórios virtuais em Química. *Revista Latino-Americana de Educação em Ciências*, v. 20, n. 1, p. 44–63, 2022.

URQUIZO, P.; SÁNCHEZ, M. Virtual simulators in chemistry education during COVID-19: perceptions of high school students. *Journal of Chemical Education*, v. 99, n. 5, p. 1861–1868, 2022. DOI: 10.1021/acs.jchemed.1c00858.

VALE, A. F. et al. Softwares livres no ensino de Química: avaliação do Chems sketch e do PhET. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 29, n. 3, p. 118–132, 2021.

VALE, E. S.; FERRARI, C. A.; RODRIGUES, G. C. Recursos computacionais no ensino de Química: análise de dois softwares livres. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 14, n. 3, p. 758–774, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/ensa/article/view/48717>. Acesso em: 20 mar. 2025.

VELASCO, R. V. Avaliação da atividade antioxidante e farmacocinética de derivados de triazol e glucal e sua aplicação na anemia falciforme. Bragança Paulista: Universidade São Francisco, 2020. Disponível em: <https://www.usf.edu.br/galeria/getImage/385/3399544361033419.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2025.

VERGNAUD, G. A abordagem dos campos conceituais. In: VERGNAUD, G. et al. (Org.). *A didática das ciências*. Lisboa: Instituto Piaget, 1997. p. 71–92.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

WAINER, J. Questionários eletrônicos: uso e aplicação em pesquisas sociais. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 12, n. 1, p. 257–268, 2007.

WOLFF, M. J. Representações gestuais e aprendizagem do modelo atômico de Bohr. *Revista Brasileira de Ensino de Química*, v. 10, n. 1, p. 43–62, 2015.

YAIPÉN-GONZALES, W. A.; JOO, S. A. Simuladores virtuais no ensino de Química e Física: uma revisão sistemática. *Revista Peruana de Educación en Ciencias*, v. 10, n. 2, p. 143–158, 2023.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZABALA, A. Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ZABALA, A. et al. Aprender e ensinar competências. Porto Alegre: Artmed, 2016.

ZANATTA, R. P. P. Mediação digital e representações mentais: um estudo sobre hibridação cognitiva na articulação entre humanos e não-humanos. *Revista Brasileira*

de Ensino de Ciências, 2024.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Eu, Renata Andrade Manfio, convido você a participar do estudo intitulado “**Utilização de simuladores no ensino de química: a influência da hipercultura na aprendizagem de conceitos sobre eletronegatividade e polaridade**”. Gostaria de informar que seu pai, mãe ou responsável legal autorizou a sua participação.

Este estudo tem como objetivo investigar e analisar as imagens mentais e os "drivers" hiperculturais que podem ser adquiridos e/ou modificados por estudantes do primeiro ano do Ensino Médio ao utilizarem ferramentas hiperculturais, como simulações computacionais, para aprender conceitos relacionados à polaridade das moléculas. A pesquisa será fundamentada na Teoria da Mediação Cognitiva, desenvolvida por Bruno Campelo de Souza, e será realizada por meio de uma sequência didática durante as aulas de Química.

Sua participação é muito importante para o desenvolvimento deste trabalho, mas vale destacar que ela é voluntária. Você pode desistir a qualquer momento sem nenhum problema ou prejuízo.

A sequência didática será composta por aulas teóricas e práticas, utilizando o simulador virtual "Polaridade da Molécula", disponível na plataforma PhET (Physics Education Technology). Serão realizadas oito aulas, divididas em quatro dias, com duas aulas de 50 minutos cada. Os estudantes que participarão da pesquisa têm entre 14 e 15 anos de idade.

Durante as aulas, serão aplicados testes para avaliar o conteúdo aprendido nas atividades teóricas, realizadas em sala de aula, e nas práticas, realizadas no laboratório de informática. Também serão realizadas entrevistas, que serão gravadas para posterior análise gestual. Em todas as etapas do estudo, a identidade dos participantes será preservada.

Se surgir qualquer problema ou dúvida, você, seus pais ou responsáveis poderão entrar em contato comigo utilizando as informações fornecidas ao final deste documento.

As informações coletadas serão mantidas sob sigilo absoluto. Os resultados da pesquisa poderão ser publicados em periódicos acadêmicos, mas sem identificar nenhum participante, tampouco utilizar dados pessoais, vídeos, imagens ou áudios de forma que possibilite sua identificação.

Consentimento pós-informado

Eu, _____, aceito participar da pesquisa intitulada “**Utilização de simuladores no ensino de química: a influência da hipercultura na aprendizagem de conceitos sobre eletronegatividade e polaridade**”. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso mudar de ideia e desistir sem que isso cause qualquer prejuízo ou desapontamento.

Os pesquisadores esclareceram todas as minhas dúvidas e conversaram com os meus pais ou responsável legal. Recebi uma cópia deste documento, li e concordo em participar deste estudo.

_____, ____ de _____ de 2022.

Assinatura do menor

Assinatura do pesquisador responsável

APÊNDICE B – Formulário Eletrônico aplicado aos alunos no primeiro dia do desenvolvimento da sequência didática.

Qual a sua identidade de gênero? *

- Feminino
- Masculino

Qual a sua idade? *

- 16 anos
- 17 anos
- 18 anos

Você tem acesso facilitado à tecnologia diariamente? *

- sim
- não

Em qual lugar o acesso à tecnologia é mais facilitado? *

- Casa
- Escola

Dentre as citadas, qual a principal ferramenta hipercultural que você tem acesso? *

- Smartphone
- Notebook
- Desktop
- Tablet

Você tem acesso a Internet? *

- Sim
- Não

Em qual lugar você tem acesso mais facilitado à Internet? *

- Casa
- Escola

Quantas horas por dia você passa no celular? *

- 1 hora
- 2 horas
- 3 horas
- 4 horas ou mais

Qual o principal uso do seu celular? *

- Redes sociais
- Pesquisa/estudo

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSci8JEij_YiWDFD266N0GPoKZbSd7ur2AHHELXk-0DIXM7zQg/viewform

APÊNDICE C – Pré-Teste aplicado aos alunos no segundo dia do desenvolvimento da sequência didática.

Curso: 1 MTEC/PI em Administração

Componente Curricular: Química

Pré – Teste

ATIVIDADES

1. Represente cada uma das moléculas a seguir por meio de modelo que ilustre a carga parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular.
 - a) HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
 - f) H₂O
2. Classifique as moléculas do exercício anterior como polares ou apolares.
3. Qual das substâncias abaixo apresenta moléculas que, nos estados sólido e líquido, estão associadas por ligações de hidrogênio?
 - a) H₂
 - b) NH₃
 - c) NaH
 - d) CH₄
 - e) PH₃
4. Organize as moléculas da questão anterior em ordem crescente de polaridade.

APÊNDICE D – Pós-Teste aplicado aos alunos no quarto dia do desenvolvimento da sequência didática.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

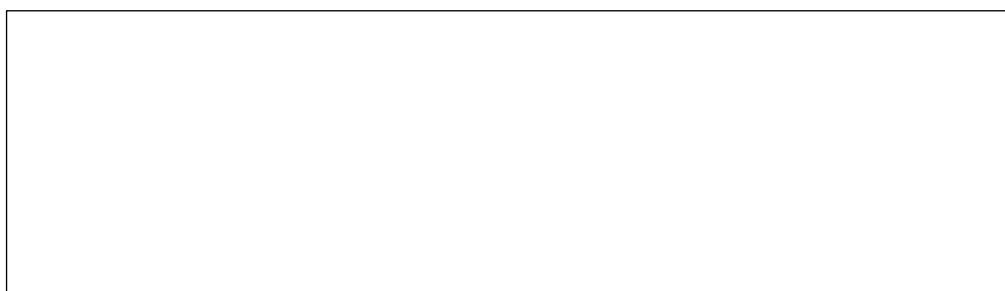
TAREFA 1: Moléculas com Dois Átomos

Seguir as orientações e responder as perguntas:

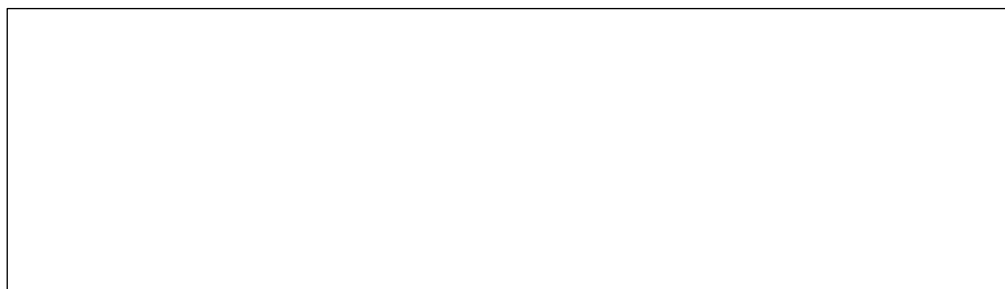
- 1) Acessar a simulação *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecul-polarity/latest/molecul-polarity_pt_BR.html. Selecione a opção “Dois Átomos”.
- 2) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com o mesmo valor de eletronegatividade.
- 3) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
 - a) HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
- 4) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador?

- 5) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?

- 6) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com valores de eletronegatividade diferentes. O átomo B deve ser mais eletronegativo que o átomo A.
- 7) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
- a) HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
- 8) Represente a molécula em questão por meio de um modelo que ilustre a ligação dipolo e a carga parcial.



- 9) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?



- 10) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador.

TAREFA 2: Moléculas com Três Átomos

- 11) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção “Três Átomos”.
- 12) Configurar o simulador de forma que os átomos A e C possuam valores de eletronegatividade iguais. O átomo B deve ser mais eletronegativo que os átomos A e C.
- 13) Escolha uma molécula real que possa representar a molécula descrita pelo simulador. Apresente esta molécula por meio de um modelo que descreva o momento dipolar, o dipolo molecular e a carga parcial.



TAREFA 3: Moléculas Reais

- 14) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção “Moléculas Reais”.
- 15) Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos. Abaixo pode-se observar os potenciais eletrostáticos da molécula de água (H₂O) e da molécula de metano (CH₄), que está representando um dos tipos de hidrocarbonetos encontrados no petróleo. Observando os potenciais eletrostáticos gerados pelo OA “Polaridade da Molécula” do sistema acima descrito é correto afirmar que a água e o petróleo não se misturam porque:

16) Considere um tubo cilíndrico de 2 m de comprimento e diâmetro de 0,5 cm que ficou sujo com uma determinada graxa (derivado do petróleo). Um determinado fluido (líquido ou gasoso) será passado por esse cilindro com o intuito de que ele remova a graxa. Com o auxílio do simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado:

https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html,

Verifique quais dentre as moléculas listadas abaixo melhor se adequa à tarefa.

a) H₂O b) CF₄ c) O₃ d) CH₃F e) CHCl₃

17) Das substâncias gasosas listadas abaixo, qual delas melhor se dissolve em água. Justifique sua resposta com o modelo que ilustre o momento dipolar e o dipolo molecular da molécula escolhida.

a) N₂ b) CO₂ c) O₃ d) O₂ e) HCl

APÊNDICE E – Avaliação da proposta aplicada aos alunos no quarto dia do desenvolvimento da sequência didática.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE

1) Sobre a utilização do software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET), assinale uma ou mais alternativas de acordo com a sua opinião:

- Não tive dificuldades para utilizá-lo;
- Tive dificuldades em alguns momentos;
- Achei difícil utilizar o software;
- É um recurso que poderia ser utilizado com mais frequência em outros conteúdos de química.

2) Se você teve alguma dificuldade para manusear o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) escreva quais foram estas dificuldades.

3) Quais as contribuições que o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) lhe proporcionou para aprender o conteúdo durante as aulas de química?

4) O Conteúdo polaridade das moléculas foi abordado em dois momentos: primeiramente em sala de aula utilizando a lousa. Em seguida fomos para o laboratório de informática e utilizamos o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET). Em sua opinião, indique qual das abordagens foi mais útil para melhor compreensão dos conceitos.

APÊNDICE F – Transcrição das Entrevistas realizadas com os estudantes (E1 ao E7)

Transcrição entrevista com o E1

00:00:01

Bom, então na tarefa 1 do pós-teste, vocês trabalharam com moléculas de dois átomos, sendo que esses átomos tinham a mesma eletronegatividade, certo?

00:00:15

Nessa molécula, formaram-se cargas parciais?

00:00:19

Não.

00:00:20

Não?

00:00:21

E como essa molécula se comportaria diante do campo elétrico?

00:00:26

Ela ficaria parada, né?

00:00:27

Sim.

00:00:28

Porque não tem carga, então...

00:00:31

Porque quando tem, o negativo vai pro lado positivo e o positivo vai pro lado negativo.

00:00:37

Muito bom.

00:00:39

Foi assim que você visualizou lá no software de simulação?

00:00:42

Sim.

00:00:42

Muito bem.

00:00:44

Então, foi fácil pra você indicar qual das moléculas apresentadas no exercício 3 poderia ser representada pelo modelo proposto lá no simulador?

00:00:55

Foi, porque, tipo, aqui tem só duas opções que tem duas moléculas, porque aqui o CH₄ tem...

00:01:04

Dois átomos.

00:01:05

É, tem cinco átomos, esse aqui tem três e a outra tem quatro.

00:01:11

Então ou era o F_2 ou era o H_2O .

00:01:14

E aí era só ver qual que era polar e qual que era polar.

00:01:16

Isso.

00:01:16

Então você foi assim por exclusão.

00:01:19

É.

00:01:19

Aí aquela que era polar, então batia com o do simulador.

00:01:25

O item 6 da tarefa 1, então tá na outra página, pede para configurar o simulador de forma que o átomo B seja mais eletronegativo que o átomo A.

00:01:38

Então aí já é uma molécula de dois átomos também, porém o A é menos eletronegativo que o B, certo?

00:01:45

Então eles têm eletronegatividades diferentes.

00:01:49

Você encontrou dificuldade para responder as questões 8 e 9?

00:01:54

Então, por exemplo, a questão 8, ela pede pra você representar com uma ilustração o modelo.

00:02:02

Você encontrou grandes dificuldades pra isso?

00:02:05

Não, porque eu já tinha tido aula disso antes e deu pra ver no simulador também.

00:02:10

No simulador, né?

00:02:11

Foi bem mais fácil de representar.

00:02:12

Então, nesse caso aí, você representou com as cargas parciais...

00:02:16

Com a negação.

00:02:18

Sim.

00:02:20

Como que você, depois na nove, ele pede pra representar como essa molécula ela se comportaria diante do campo elétrico.

00:02:28

Como foi que você conseguiu fazer essa ilustração?

00:02:32

Eu coloquei o B com a carga negativa do lado positivo do campo e o A com a carga positiva do lado negativo do campo.

00:02:46

Muito bem.

00:02:49

E foi fácil indicar qual das moléculas apresentadas pelo exercício 7 poderia ser representada por esse modelo?

00:03:00

Seria essa daqui.

00:03:01

Ah, essa daí.

00:03:02

Isso.

00:03:02

Sim, porque fui por exclusão também, igual fiz na outra.

00:03:05

Igual foi na anterior, né?

00:03:06

Dessa vez eu só tinha duas moléculas e via qual era a que eu levava na outra.

00:03:10

Nesse caso, seria a molécula que tinha átomos de eletronegatividade diferentes.

00:03:15

Muito bem.

00:03:17

Em relação ao tipo de interação intermolecular predominante nas moléculas do modelo descrito pelo simulador, seria a questão 10.

00:03:27

Essa aí embaixo.

00:03:30

Você encontrou dificuldade para responder essa questão?

00:03:34

Não, eu errei.

00:03:35

Porque eu já tinha tido aula antes, então é facinho.

00:03:38

Porque a ligação de hidrogênio é só quando tem o hidrogênio com o for permanente, quando é polar.

00:03:47

Temporário?

00:03:48

Temporário, que é quando é polar.

00:03:50

Daí essa você sabia que ela era polar, então já foi de polo permanente.

00:03:57

Sim.

00:04:01

Na tarefa dois, as moléculas com três átomos, né?

00:04:06

O átomo B é mais eletronegativo que os outros dois, o A e o C, que possuem, no caso, a mesma eletronegatividade.

00:04:13

Como você representou a molécula apresentada, né?

00:04:17

Como essa molécula se comportaria diante de um campo elétrico?

00:04:21

Eu usei o H₂O para representar, então coloquei o H₁ e o H₂ como o mesmo, que é positivo, o O como negativo, aí coloquei os dois H aqui, o O aqui e no campo o O ficaria desse lado, porque

é o campo positivo com o O negativo e o campo negativo aqui com os dois H.

00:04:41

Os dois hidrogênios.

00:04:42

Muito bem.

00:04:44

Você encontrou alguma dificuldade para responder essa questão?

00:04:47

Ou foi fácil?

00:04:48

Eu só não sabia como eu ia representar, mas já que tinha o simulador, aí eu já só...

00:04:53

Ele ajudou você a visualizar, assim, a imaginar?

00:04:55

Sim.

00:04:56

Muito bem.

00:04:58

Na tarefa 2, ainda na tarefa 2, as moléculas reais, as questões 15, 16, 17, elas apresentam casos reais.

00:05:13

E após a aula prática desenvolvida no laboratório de informática e as questões respondidas, que você respondeu ao IA2, você encontrou dificuldade para responder essas questões que envolviam situações reais?

00:05:27

Porque até então você estava usando um simulador de moléculas, modelos, né?

00:05:32

Aí, nessa tarefa aí, você já teve que trabalhar com uma situação real.

00:05:37

Você achou mais difícil?

00:05:39

Ah, só um pouco.

00:05:40

Essa aqui da graxa, porque eu não sabia qual que tinha, né?

00:05:44

Não sabia qual que era o petróleo.

00:05:45

Aí eu tive que dar uma pesquisada, porque eu não sabia, né?

00:05:47

Só que aí eu achei.

00:05:48

Foi mais fácil.

00:05:49

Foi um pouco mais fácil.

00:05:52

E você encontrou dificuldade para representar a molécula escolhida na questão 17?

00:05:58

Não, porque o OH a gente já sabe que é positivo e Cl é negativo, então foi só colocar as cargas e o...

00:06:08

Muito bem.

00:06:09

Obrigada.

Transcrição entrevista com o E2

00:00:01

Bom, então nesse questionário que vocês responderam logo após a aula prática, a tarefa 1, que eram moléculas de dois átomos, vocês trabalharam com moléculas cujos átomos possuíam o mesmo valor de eletronegatividade.

00:00:19

Então eram dois átomos com o mesmo valor de eletronegatividade.

00:00:23

Nesta molécula formaram cargas parciais?

00:00:29

E como essa molécula, então, ela se comportaria diante de um campo elétrico?

00:00:34

Como que ela é apolar?

00:00:36

Essa molécula, tipo, como tá o campo eletromagnético?

00:00:40

De um lado tá positivo, outro negativo.

00:00:42

Ela tem o mesmo valor de carga parcial.

00:00:45

Pelo software, ele não fica nem de um lado nem pro outro.

00:00:49

Ele fica no meio, por causa que não tem nenhum valor que é positivo ou negativo.

00:00:52

Ela não vai ser atraída por isso.

00:00:54

E vai ficar no meio, porque não tem pra onde ir.

00:00:56

Você pode, tanto só que você pode mexer lá com o mouse, que ele vai voltar pro meio, na posição que você colocou.

00:01:02

Isso.

00:01:03

E isso ajudou você a compreender?

00:01:05

Sim.

00:01:05

Melhor, porque se a gente pensar, é uma coisa bem abstrata, né?

00:01:09

Tipo, eu nunca tinha visto na prática.

00:01:11

Lá com o professor.

00:01:13

É.

00:01:13

E ver aquelas imagens ali no software...

00:01:15

Sim, ajuda bastante.

00:01:16

Tanto que teve gente, outros alunos que não tiveram essa aula, se não tivesse que decidir que era um software, eles não têm a mesma noção que a gente teve.

00:01:25

Não compreenderam, né?

00:01:26

Sim, porque é diferente você ter o software ali e só a aula com slide, porque ali você consegue mexer, você consegue ver tudo certinho.

00:01:35

Muito bem.

00:01:36

Então, foi fácil então indicar qual das moléculas apresentada pelo exercício 3 poderia ser representada pelo modelo proposto no simulador?

00:01:47

Sim.

00:01:47

Porque aqui no exercício 3, ele dá algumas moléculas e pede pra você assinalar qual aquela então que seria a de dois átomos com a mesma eletronegatividade.

00:02:00

E foi fácil você responder.

00:02:01

Então tá bom.

00:02:04

O item 6 dessa tarefa, então aqui está o número 6, aliás o item 6, pede pra configurar o simulador de forma que o átomo B seja mais eletronegativo que o A.

00:02:16

Então agora mudou.

00:02:18

Antes, os dois tinham a mesma eletronegatividade.

00:02:20

Aí, agora, depois pediu.

00:02:22

Agora, o B vai ser mais eletronegativo que o A.

00:02:28

Você encontrou dificuldade para responder as questões 8 e 9?

00:02:33

Que a 8 pedia para representar a molécula e a 9 representar como ela se comportaria no campo elétrico.

00:02:42

Você encontrou com uma dificuldade?

00:02:43

Não.

00:02:44

Não?

00:02:44

Ele tem as...

00:02:47

as funções que ajudam a gente e dá pra ver que o B é mais eletronegativo, o lado positivo, negativo.

00:03:01

Atraía ele.

00:03:03

E o lado que estava menos, o lado positivo atraía, o lado oposto.

00:03:07

Muito bem, então aí tinha a formação das cargas parciais.

00:03:10

Sim.

00:03:11

Ok.

00:03:15

Foi fácil indicar?

00:03:17

Qual das moléculas apresentadas no exercício 7 poderia ser a mesma que foi representada pelo simulador?

00:03:24

Porque aqui na 7, também, ele deu várias moléculas e vocês tinham que assinalar aquela que batia com o modelo.

00:03:33

Sim, foi fácil.

00:03:34

Não encontrou dificuldade?

00:03:39

Não.

00:03:39

Em relação ao tipo de interação intermolecular, porque aí ele faz uma pergunta, né?

00:03:46

predominante nas moléculas do modelo descrito pelo simulador, que é a questão número 10.

00:03:52

Você encontrou dificuldade para responder essa questão?

00:03:55

Não.

00:03:55

Porque no dia da aula teórica a gente falou, relacionou bem a interação intermolecular com a questão da polaridade da molécula, né?

00:04:06

Só que teve a explicação na aula, só da teoria, porém não teve Eu só via o desenho ali, eu não conseguia mexer em nada, aí não tinha muita noção.

00:04:18

Não tinha uma visão tridimensional, né?

00:04:20

Sim.

00:04:21

E manipular também, né?

00:04:23

Então, essa daí você conseguiu relacionar facilmente com a interação.

00:04:27

No caso, era...

00:04:29

Força entre polos permanentes, FDP.

00:04:31

FDP, muito bem.

00:04:36

Na tarefa...

00:04:36

2, com 3 átomos, então a tarefa é 2 moléculas de 3 átomos.

00:04:42

O átomo B é mais eletronegativo que o átomo A e C, então eram 3 átomos, sendo o A e o C iguais, eletronegatividade, e o B mais eletronegativo.

00:04:56

Como você representou a molécula que foi apresentada nessa questão?

00:05:01

E como essa molécula se comportaria diante de um campo elétrico?

00:05:06

Aqui o B tava mais eletronegativo do que o A e C, né?

00:05:12

O A e C tipo ficaram lado a lado e o B ele ficou pro lado negativo e o A e C ficou do mesmo lado.

00:05:19

Muito bem, então teve a formação de cargas parciais.

00:05:23

Sim.

00:05:23

Positivos e negativos.

00:05:26

E você encontrou alguma dificuldade pra fazer essa ilustração?

00:05:29

Não.

00:05:31

Na tarefa 3, aí já trabalha com moléculas reais, né?

00:05:36

Então ele deu três questões, 15, 16 e 17 em casos reais, porque até então lá no simulador eu tava trabalhando mais com modelos, né?

00:05:46

Então aí já foram casos reais, por exemplo, a 15 fala sobre o vazamento do petróleo no mar, né?

00:05:53

Que eles não se misturam, o petróleo e a água do mar.

00:05:57

E a 16 e a 17 também, né?

00:06:00

A 16 fala sobre a limpeza de uma cânula, né?

00:06:05

Uma cânula que estava com graxa, que é um derivado do petróleo.

00:06:13

Então, qual molécula que você usaria pra fazer a limpeza?

00:06:18

E na 17 pede pra fazer a representação, né?

00:06:22

Você encontrou dificuldade pra responder essas questões?

00:06:26

Então mesmo quando saiu lá do mundo virtual, digamos assim, do simulador e foi lá para as questões de moléculas reais, de situações reais do dia-a-dia, isso não trouxe para você mais dificuldade?

00:06:42

Não, tipo, porque o simulador me ajudou a responder.

00:06:45

Porque mesmo que eu não dou as moléculas reais, veio para a parte mais real assim mesmo e não estava mais na parte do desenho, tecnológico, digital.

00:06:56

Da até ter a noção, porque a gente teve o...

00:07:00

absorveu o conteúdo antes, a gente teve uma ideia do como que era aquilo.

00:07:04

E você conseguiu, com os seus conhecimentos, aplicar ali numa situação real?

00:07:09

Sim.

00:07:09

Muito bem.

00:07:11

E você encontrou alguma dificuldade para representar esse modelo aí na questão 17?

00:07:15

Não.

00:07:17

Não?

00:07:19

Muito obrigada.

Transcrição entrevista com o E3

00:00:01

Então, eu vou fazer algumas perguntas referentes a esse teste que você respondeu após a aula prática no laboratório de informática.

00:00:11

Então, na tarefa 1 desse teste, vocês trabalharam com moléculas com dois átomos, moléculas de dois átomos.

00:00:21

E, em primeiro momento, vocês trabalharam com moléculas de dois átomos que tinham a mesma eletronegatividade, certo?

00:00:30

Nessa molécula, formaram-se cargas parciais?

00:00:36

Então, os dois átomos têm a mesma eletronegatividade.

00:00:40

São iguais em relação à eletronegatividade.

00:00:44

Formam-se aí, então, polos, cargas parciais?

00:00:49

Ai, professora.

00:00:52

Então, ela seria apolar, porque São dois negativos, né?

00:00:59

Dois átomos.

00:00:59

Dois átomos negativos.

00:01:02

E que tem a mesma eletronegatividade.

00:01:04

Tem a mesma eletronegatividade.

00:01:07

Sim.

00:01:07

Sim.

00:01:09

E como essa molécula se comportaria num campo elétrico?

00:01:14

Ela sofreria a ação de um campo elétrico?

00:01:18

Ela sendo uma molécula apolar, ela sofreria a ação de um campo elétrico?

00:01:24

Que nem você fez o desenho ali embaixo.

00:01:28

O campo elétrico tem um lado positivo e um lado negativo.

00:01:33

O positivo traz negativo, o negativo traz positivo, não é?

00:01:37

Então ela não sofreria, porque são os dois a mesma coisa, são os dois iguais.

00:01:42

Isso, muito bem.

00:01:44

Foi fácil pra você indicar qual das moléculas apresentadas no exercício 3 poderia ser representada pelo modelo proposto no simulador?

00:01:54

Então, aqui no exercício 3, ele deu ali umas alternativas.

00:01:58

Então, foi fácil pra você escolher qual dessas aí, que é essa molécula de dois átomos com a mesma eletronegatividade?

00:02:07

Assim, agora eu não tô lembrando, né, que faz muito tempo que eu fiz.

00:02:13

Mas foi fácil porque, olha ali as alternativas.

00:02:18

Teria que ser uma molécula de dois átomos e que tenha a mesma eletronegatividade.

00:02:24

Ah, sim.

00:02:25

É porque, um exemplo, o CO_2 seria diferente, né?

00:02:30

Porque não é igual a uma molécula da outra.

00:02:33

Aí eu marquei a F porque seriam dois Fs que teriam a mesma quantidade.

00:02:39

Mesma eletronegatividade.

00:02:42

Muito bem.

00:02:43

Então o item 6 dessa tarefa está na outra página.

00:02:47

Pede para configurar o simulador de forma que o átomo B seja mais eletronegativo que o A.

00:02:54

Então agora Um é mais eletronegativo que o outro.

00:02:59

Você encontrou dificuldade para responder as questões 8 e 9?

00:03:03

Então, aqui na 8 era para representar a molécula e na 9 era para representar como ela ficaria diante de um campo elétrico.

00:03:14

Ah, diferente.

00:03:15

Então, agora eles têm eletronegatividade diferente.

00:03:19

Então, foi difícil para você conseguir visualizar essa molécula aqui dessa forma como você representou?

00:03:30

Não.

00:03:31

Não?

00:03:31

Você, usando o software de simulação, você não encontrou dificuldade?

00:03:37

Não, ainda não.

00:03:38

Embaixo, que você tinha que colocar, como ela ficaria diante do campo elétrico, você teve dificuldade?

00:03:45

Não, porque eu consegui fazer a primeira.

00:03:49

Assim, de boa, na segunda também foi tranquilo.

00:03:51

É uma continuação, né?

00:03:53

Então, você colocou o B pro lado positivo do campo.

00:03:55

Isso.

00:03:56

Por quê?

00:03:59

Porque uma atrai a outra, né?

00:04:02

Porque o lado positivo do câncer...

00:04:04

Atrai o negativo, porque aqui em cima o B tá negativo e o A tá positivo.

00:04:10

Aí uma atrai o outro, aí o lado positivo atrai o B, que tava negativo, e o lado negativo atrai o A, que tava positivo.

00:04:22

Muito bem.

00:04:27

Foi fácil indicar qual das moléculas apresentadas aqui no exercício 7?

00:04:33

Aqui no exercício 7, poderia ser representada pelo modelo proposto pelo simulador?

00:04:40

Sim, porque tem eletronegatividade diferente.

00:04:44

É uma molécula de dois átomos.

00:04:46

De eletronegatividade diferente.

00:04:48

Muito bem.

00:04:50

Em relação ao tipo de interação, intermolecular predominante, que é a questão número 10.

00:04:58

Você encontrou dificuldade para responder essa questão?

00:05:01

Porque lembra, na aula a gente relacionou então a polaridade da molécula com a interação intermolecular.

00:05:08

Então, no caso, essa molécula aqui é polar, Ela seria por força entre dipolos permanentes.

00:05:14

Você encontrou dificuldade pra fazer essa relação no dia?

00:05:17

Não, porque no dia eu lembro que fazia pouco tempo que a senhora tinha explicado, então eu lembrei bastante.

00:05:22

Lembrou?

00:05:22

Uhum.

00:05:23

Então tá bom.

00:05:26

Na tarefa 3, ela já trabalha com moléculas reais.

00:05:33

Vira.

00:05:33

Pode virar.

00:05:34

Aqui, ó.

00:05:35

Essa é a tarefa 1.

00:05:37

Ah, tá.

00:05:37

Tarefa 3.

00:05:40

Aqui, tarefa 2 e aqui tarefa 3.

00:05:43

Aí trabalha com moléculas reais, né?

00:05:47

Então, tem três questões, 15, 16 e 17, que apresentam casos reais.

00:05:53

Então, por exemplo, a questão 15 seria vazamento de petróleo na água do mar, onde o petróleo e água não se misturam.

00:06:01

É, porque um é apolar e o outro é polar.

00:06:04

Muito bem.

00:06:05

Depois, na outra questão, na 16, ela fala sobre uma situação que tem uma cânula, um cilindro, e que tá cheio de graxa, e a graxa é um derivado do petróleo.

00:06:20

Então aí ele fala pra fazer essa limpeza, pra tirar essa graxa dessa cânula, quais das moléculas aqui que seriam as mais recomendadas, né?

00:06:34

E depois a questão 17 seria para representar as moléculas que seriam solúveis em água, já que a água é polar e que nem você falou, o polar só se mistura com o polar e o apolar com o apolar.

00:06:54

Então, a minha pergunta é assim, quando a gente saiu lá do simulador, que era uma questão virtual, né?

00:07:01

E fomos aqui para as questões reais, você encontrou grande dificuldade?

00:07:05

Não, porque o simulador ajudou bastante, né?

00:07:10

Dava pra gente visualizar bem, era bem melhor.

00:07:13

Então, não encontrou dificuldade?

00:07:15

Não.

00:07:15

O conhecimento que você adquiriu lá no simulador ajudou você a aplicar aqui nos macros reais?

00:07:19

Sim, bastante.

00:07:22

Muito obrigada.

00:07:23

Eu que agradeço.

Transcrição entrevista com o E4

00:00:01

Olá, então vou fazer umas perguntas para você a respeito das tarefas que você fez naquele dia no laboratório de informática.

00:00:11

Então, na tarefa 1, aqui que vocês desenvolveram, vocês trabalharam com moléculas de dois átomos.

00:00:21

Sim.

00:00:21

Dois átomos.

00:00:22

Então, no caso, você trabalhou com moléculas cujos átomos possuíam o mesmo valor de eletronegatividade.

00:00:28

Aqui está o questionário.

00:00:31

Então, dois átomos sendo os dois o mesmo valor de eletronegatividade.

00:00:36

Nessa molécula, formaram-se cargas parciais?

00:00:40

Por exemplo, uma carga parcial positiva, uma carga parcial negativa?

00:00:46

Pelo que eu me lembro, não.

00:00:48

Então, e por que você acredita que não formou?

00:00:51

Por causa que no exercício 6 pedia a mesma eletronegatividade.

00:00:58

Então, o único que tivesse a mesma eletronegatividade seria um exemplo.

00:01:07

Se tivesse dois oxigênios e não tivesse mais nenhum outro.

00:01:12

Se fosse dois oxigênios, os dois teriam a mesma eletronegatividade.

00:01:16

Então, não ia ter dessa de um milagre mais forte, porque os dois é igual, então os dois se anulam.

00:01:22

Muito bem.

00:01:25

E nessa molécula não formariam cargas parciais?

00:01:29

E como ela se comportaria diante de um campo elétrico?

00:01:33

Elas ficariam...

00:01:36

Assim, literalmente reta, parada, como deitada.

00:01:40

E elas iam ser atraídas pelo campo, parte positiva, parte negativa?

00:01:46

Não, porque elas vão ter a mesma eletronegatividade.

00:01:50

Sim.

00:01:50

Então, ela meio que ficaria no meio.

00:01:52

Imagina se aqui fosse positivo e aqui fosse negativo.

00:01:55

Ela ficaria no meio.

00:01:56

Ela não iria para nenhum dos lados.

00:01:58

Muito bem.

00:02:00

Foi fácil para você indicar qual das moléculas aqui no exercício 3?

00:02:06

podia ser representada pelo modelo proposto no simulador?

00:02:11

Sim, como o exemplo do oxigênio.

00:02:14

Os dois têm a mesma eletronegatividade, então eles não vão ter dessa de mirar para o mais forte.

00:02:20

Eles vão se anular.

00:02:23

Muito bem.

00:02:24

O item 6 da tarefa 1, então aqui atrás.

00:02:29

Então item 6 da tarefa 1 pede para configurar o simulador de forma que o átomo B seja mais eletronegativo que o A.

00:02:36

Então continua ainda dois átomos, mas o B é mais eletronegativo.

00:02:42

Você encontrou dificuldade para responder as questões 8 e 9?

00:02:46

8 e 9?

00:02:48

Não, por causa que antes de responder essas questões eu tinha estudado bastante, então eu me lembrava como fazia.

00:02:57

E no dia, olhando o simulador, você acha que contribuiu pra você conseguir enxergar visualmente como essas moléculas, de uma forma tridimensional, você acha que contribuiu?

00:03:12

Contribuiu bastante.

00:03:12

Sim.

00:03:15

Foi fácil indicar qual das moléculas apresentadas pelo exercício 7 poderia ser representada pelo modelo proposto do simulador?

00:03:24

Sim.

00:03:24

Nessa daqui.

00:03:26

Foi fácil?

00:03:27

Foi, por causa que quando eu vi era o hidrogênio e o bromo.

00:03:33

E o bromo ele é mais eletronegativo.

00:03:37

Então, representando, o hidrogênio está aqui, o bromo está aqui, o mais eletronegativo é o bromo.

00:03:43

Então, a seta vai estar virada para ele, demonstrando que ele é mais eletronegativo.

00:03:50

Muito bem.

00:03:50

Em relação ao tipo de interação molecular predominante nas moléculas, do modelo proposto pelo simulador, que seria a questão número 10.

00:03:59

Você encontrou dificuldade para responder essa questão?

00:04:03

Em questão, eu encontrei um pouco, porque na hora eu não estava me lembrando muito bem o que cada um fazia, tipo o FDP, mas depois eu consegui me lembrar.

00:04:16

E daí, nesse caso, você respondeu que é FDP, que é força entre dipolos permanentes, E você se lembra porque que é FDP?

00:04:27

É FDP quando é apolar.

00:04:29

Quando é polar.

00:04:30

É, quer dizer polar.

00:04:31

Muito bem.

00:04:34

Na tarefa dois, que são moléculas com três átomos, o átomo B é mais eletronegativo que o átomo A em si, que possui a mesma eletronegatividade.

00:04:45

Como você representou a molécula apresentada?

00:04:48

Então tá aqui.

00:04:51

Então, essa daqui que você tinha que representar, né?

00:04:55

Como essa molécula se comportaria diante de um campo elétrico?

00:04:59

E você teve dificuldade para responder essa questão?

00:05:05

A 13, né?

00:05:06

Isso.

00:05:07

Um pouco, por causa que eu não estava me lembrando muito bem.

00:05:11

Mas a 13, pelo que eu me lembrei, eu representei esse daqui, que é o da água, né?

00:05:19

Que é a molécula da água.

00:05:21

Onde o mais eletronegativo é o oxigênio e tem dois hidrogênios.

00:05:27

Então, como eles são dois, representando os hidrogênio e o oxigênio.

00:05:32

O mais eletronegativo vai ser o mais forte e os hidrogênio só vai apontar para ele.

00:05:37

Então, o elétron mais negativo é o oxigênio.

00:05:43

Muito bem.

00:05:44

Na tarefa 3, que trabalha com moléculas reais, as questões 15, 16 e 17 apresentam casos reais.

00:05:53

Então, após a aula prática desenvolvida no laboratório de informática e as questões respondidas na tarefa 1 e 2, você encontrou dificuldade para responder essas questões?

00:06:04

Porque na tarefa 1 e 2 você trabalhava com modelos, né?

00:06:07

Aí a tarefa 3 que foi trabalhar com moléculas reais, situações reais.

00:06:12

Então, você teve mais dificuldade para responder essas questões?

00:06:16

Sim.

00:06:17

Sim?

00:06:18

E...

00:06:19

Agora você consegue compreender os eventos como os apresentados nessa tarefa?

00:06:28

Na 16 ou 17?

00:06:29

Então, na 16, por exemplo.

00:06:32

Na 16 eu achei um pouquinho difícil porque eu fiquei pensando por bastante tempo.

00:06:38

Mas até que eu consegui encontrar a resposta porque, pelo que eu me lembro, o FON é o mais forte, o F é mais eletronegativo.

00:06:49

Então, eu primeiro procurei o mais eletronegativo e o mais fraco de eletronegatividade, que aí se deu a opção B.

00:06:58

Muito bem.

00:07:01

E no exercício 17, onde você tinha que representar a molécula, você encontrou algum tipo de dificuldade?

00:07:08

Não.

00:07:09

A 17 é a que eu achei mais fácil.

00:07:12

Então tá jóia.

00:07:14

Muito obrigada.

Transcrição entrevista com o E5

00:00:01

Bom, eu vou fazer umas perguntas pra você a respeito do questionário que vocês responderam no dia da aula prática com o simulador, tá?

00:00:11

Então, na tarefa 1, que eram moléculas com dois átomos, você trabalhou com moléculas cujos átomos possuíam o mesmo valor de eletronegatividade, né?

00:00:21

Porque ele manda escolher a situação de dois átomos, sendo os dois com a mesma eletronegatividade.

00:00:31

Como esta molécula se comportaria diante de um campo elétrico?

00:00:37

Ela não sofreria nenhuma alteração, ela ficaria no meio e teria tanto cargas positivas quanto negativas, mas isso não afetaria ela.

00:00:45

Não afetaria?

00:00:46

Não Cliente1- Ela não seria atraída?

00:00:48

Muito bem, foi fácil para você indicar?

00:00:53

Qual das moléculas apresentadas pelo exercício 3 poderia ser a molécula representada pelo simulador nesse exercício aqui?

00:01:02

Não foi tão fácil porque eu não conseguia colocar ela certinho, mas também não foi muito difícil.

00:01:11

Eu consideraria mediana.

00:01:15

E o item 6 da tarefa 1 pede para configurar o simulador de forma que o átomo B seja mais eletronegativo que o átomo A.

00:01:25

Seria esse daqui.

00:01:27

Então agora continuam dois átomos, porém o B é mais eletronegativo.

00:01:32

Você encontrou dificuldade para responder as questões 8 e 9?

00:01:37

Seria representar a molécula e representá-la também diante de um campo elétrico?

00:01:42

Não.

00:01:46

E na questão 8 que você tinha que representar, como você pensou pra escrever, por exemplo, aqui o vetor e tudo mais, as cargas parciais, por exemplo, positiva, negativa?

00:02:00

Então, eu lembrei um pouco das aulas antes da gente ter ido pra aula prática.

00:02:07

que normalmente quando ele não fosse igual, talvez o B ganharia mais carga do que o A.

00:02:18

Então, no caso, ele ficaria negativo, mas com mais carga.

00:02:21

Ele atrairia mais os elétrons.

00:02:24

E o A ficaria positivo, mas ele estaria liberando.

00:02:27

Ficaria mais distante dos elétrons.

00:02:31

E na questão 9, diante do campo elétrico, você teve dificuldade?

00:02:36

Sim.

00:02:37

Mas não muita também.

00:02:38

Não muita.

00:02:40

Muito bem.

00:02:46

Foi fácil indicar qual das moléculas apresentadas pelo exercício 7 poderia ser representada pelo simulador?

00:02:55

A que foi proposta pelo simulador, essa daqui?

00:02:58

Sim.

00:02:58

Foi fácil?

00:03:00

Sim.

00:03:00

Não houve grandes dificuldades?

00:03:02

Não.

00:03:04

E em relação ao tipo de interação intermolecular, que é a questão número 10.

00:03:12

Você encontrou dificuldade para responder essa questão?

00:03:14

Sim.

00:03:15

Encontrou, tanto é que você colocou que seria ligação de hidrogênio, né?

00:03:19

Isso.

00:03:21

E na tarefa 2, o simulador, vocês já tiveram que configurar o simulador, moléculas de três átomos, cujo o átomo A e C fossem iguais e o átomo B mais eletronegativo.

00:03:37

Como você representou a molécula apresentada?

00:03:41

Eu apresentei a molécula da água, a fórmula da água, e eu coloquei o H1 positivo, assim, ele assim, o H2 negativo, e em cima o oxigênio só que é negativo também.

00:03:56

Muito bem.

00:03:58

E você encontrou dificuldade para responder essa questão?

00:04:02

Não.

00:04:02

Não?

00:04:02

Não, muito fácil.

00:04:04

Já na tarefa 3, que é a tarefa que trata das moléculas reais, as questões 15, 16 e 17 apresentam casos reais.

00:04:15

E a gente fez essas questões logo após a aula prática, né?

00:04:19

Você conseguiu compreender os eventos apresentados nessa tarefa?

00:04:24

Sim.

00:04:24

Então você conseguiu compreender, por exemplo, as situações reais do dia-a-dia como as três situações apresentadas?

00:04:31

Uhum.

00:04:32

E você encontrou dificuldade para representar a molécula escolhida na questão 17?

00:04:36

Seria essa a questão aqui?

00:04:38

Não.

00:04:41

Não?

00:04:43

Não.

00:04:43

Então tá bom.

00:04:44

Muito obrigada.

Transcrição entrevista com o E6

Olá.

00:00:01

Oi, oi.

00:00:02

Então, vou fazer umas perguntas pra você sobre o questionário que você respondeu após aula prática no laboratório de informática, tá?

00:00:10

Bom.

00:00:11

Então, na tarefa número 1, que você trabalhou com moléculas de dois átomos, você trabalhou com moléculas cujos átomos possuem o mesmo valor de eletronegatividade.

00:00:22

Nesta molécula, formaram-se cargas parciais Como essa molécula se comportaria diante de um campo elétrico?

00:00:33

Aqui do exercício 5, eu coloquei que eles têm as mesmas eletronegatividades, então eu não coloquei a carga elétrica, porque eles têm os mesmos valores.

00:00:47

E como ela se comporta diante do campo elétrico?

00:00:51

Ela vai ser atraída mais por um lado ou outro ou não?

00:00:54

Elas são em gás, porque são os mesmos valores.

00:00:57

Então ela não vai sofrer atração nem repulsão?

00:01:00

Não.

00:01:03

Muito bem.

00:01:04

Foi fácil indicar qual das moléculas apresentadas pelo exercício 3 poderia ser representada pelo modelo proposto no simulador?

00:01:12

Esse exercício aqui.

00:01:14

Foi fácil de entender, porque como a senhora tinha mostrado antes o simulador, é bem mais fácil de entender.

00:01:21

Então, foi bem fácil de responder essa questão.

00:01:25

O item 6 da tarefa 1 pede para configurar o simulador de forma que o átomo B esteja mais eletronegativo que o átomo A, né?

00:01:37

Então ainda com dois átomos, porém agora com eletronegatividade diferentes, sendo B mais eletronegativo.

00:01:45

Você encontrou dificuldade para responder as questões 8 e 9?

00:01:50

Também não eu achei até que fácil como eu já falei né do simulador ele ficou bem mais fácil de entender como tipo cada tipo muda lá no negocinho do simulador você vê certinho então você entende bem melhor de como fica testes.

00:02:06

Exatamente, agora como tipo na aula normal, estando tipo vendo no slide, é um pouco mais difícil de imaginar como que fica.

00:02:12

Agora como no simulador, é tipo você vê cada jeitinho, o jeito que fica os elétrons, como muda, é bem mais fácil.

00:02:19

Então, eu não tive tanta dificuldade.

00:02:21

Nesse caso aqui, como que essa molécula, o átomo B, é mais eletronegativo que o A?

00:02:29

Como que ele se comporta diante do campo elétrico, que é a questão número 9?

00:02:42

Como que você representou?

00:02:44

Então, eu representei que de um lado fica positivo e do outro lado negativo.

00:02:49

Porque eles são diferentes.

00:02:50

De um lado positivo de elétron e outros negativos.

00:02:54

Uma mais eletronegativa que a outra.

00:02:56

Isso, exatamente.

00:02:57

Isso faz diferença de como a molécula se comporta no campo.

00:03:00

Sim, exatamente.

00:03:01

Muito bem.

00:03:03

Em relação à interação intermolecular predominante nas moléculas, no modelo descrito pelo simulador, que seria a questão 10, você encontrou dificuldade para responder essa questão?

00:03:19

Também não.

00:03:20

Não?

00:03:20

É, tipo, não tive tanta dificuldade, né?

00:03:22

Porque o simulador realmente é bem mais fácil de entender, então não tive tanta dificuldade.

00:03:29

Na tarefa dois, então agora a tarefa moléculas com três átomos, o átomo B é mais eletronegativo que os átomos A e C.

00:03:41

Como você representou a molécula que foi apresentada pelo simulador?

00:03:47

Como essa molécula ela se comportaria diante do campo elétrico?

00:03:50

Então que molécula você escolheu para representar?

00:03:54

A molécula, é, primeiro que eu coloquei o mais, a mais radiativa, mais, como fala, mais...

00:04:01
Eletronegativo.

00:04:01
A mais eletronegativa.

00:04:03
O átomo.

00:04:03
O átomo.

00:04:04
Então...

00:04:06
Foi assim.

00:04:07
E que molécula você escolheu?

00:04:10
H₂O.

00:04:11
H₂O, né?

00:04:12
E ela combinaria por que com a.

00:04:14
Molécula do...

00:04:15
Porque ela tem bastante outra, é...

00:04:17
Como fala?

00:04:19
Ela tem bastante...

00:04:22
Ela também tem três átomos.

00:04:23
Ela também tem três átomos, então fica.

00:04:26
Bem mais eletro...

00:04:28

E um é mais eletronegativo.

00:04:30

Isso, exatamente.

00:04:32

Muito bem.

00:04:35

Na tarefa três, que já trabalhou com moléculas reais, as questões 15, 16 e 17 apresentaram casos reais.

00:04:46

Você encontrou dificuldade para responder essas questões?

00:04:49

Também não.

00:04:51

Todas ficaram bem fáceis depois que a senhora mostrou o simulador.

00:04:55

Então não foi tão complicado de entender.

00:04:58

Sim.

00:04:58

E você consegue compreender agora então eventos como estes apresentados?

00:05:04

Eventos que ocorrem na realidade?

00:05:06

Sim, sim.

00:05:07

E você encontrou dificuldade para representar a molécula escolhida na questão 17?

00:05:12

Não.

00:05:14

Nenhuma dificuldade.

00:05:16

Muito bem, então obrigada.

00:05:17
De nada.

Transcrição entrevista com o E7

00:00:00

Olá, vou fazer algumas perguntas sobre o teste que vocês responderam após a aula prática com o simulador.

00:00:08

Então na tarefa 1, que é onde vocês trabalharam com moléculas de dois átomos, cujos átomos possuem o mesmo valor de polaridade.

00:00:19

Nessa molécula formaram-se cargas parciais, não?

00:00:26

Elas não possuíam diferença de eletronegatividade, então não se formaram.

00:00:30

Como elas se comportariam, então, diante de um campo elétrico?

00:00:33

Ficariam neutras lá no meio mesmo, elas não seriam puxadas para nenhum dos lados, nem para carga positiva, nem para carga negativa.

00:00:39

Muito bem.

00:00:41

Foi fácil para você indicar qual das moléculas apresentadas pelo exercício 3 poderia ser representada pelo modelo proposto no simulador?

00:00:51

Sim.

00:00:52

Era a única possível, só bater a cara depois que a gente teve a experiência com o simulador, a gente pode entender mais ou menos como funciona.

00:01:02

Ter a lembrança visual de como funciona aquilo, que é o melhor para entender.

00:01:08

Então, foi só bater o olho e.

00:01:10

Já peguei qual que era.

00:01:12

O item 6 da tarefa 1 pede para configurar o simulador de forma que o átomo B seja mais eletronegativo que o átomo A.

00:01:21

Você encontrou dificuldade para responder as questões de número 8 e 9?

00:01:25

Não.

00:01:27

Não?

00:01:29

E essas questões, elas pediam para representar.

00:01:33

Como que você pensou assim para representar, por exemplo, a questão número 8?

00:01:39

O 8, tá.

00:01:43

O 8 você tinha que representar a molécula e a formação das cargas parciais.

00:01:50

O que fez você pensar, por exemplo, que o A adquire carga parcial positiva e o B carga parcial negativa?

00:01:57

Que o B é o mais eletronegativo, né?

00:02:00

Não, pera, eu acho.

00:02:01

Isso.

00:02:01

É, o B.

00:02:03

Aí foi puxando, meio que puxando.

00:02:05

Como ele puxa os elétrons, tem na carga A, ele vai tornando o A um polo positivo e vai trazendo toda a eletronegatividade pra ele.

00:02:16

E ele se torna com a carga parcial negativa.

00:02:19

Sim, foi até engraçado na hora que a gente tava mexendo no aparelho, porque a gente começou a brincar, né?

00:02:25

E mesmo a gente puxando a carga positiva pro lado positivo do campo lá, não ia, ele voltava pro mesmo lugar.

00:02:32

Ele voltava, né?

00:02:33

É.

00:02:34

Ia obedecer as leis da física.

00:02:37

Muito bem.

00:02:40

Foi fácil indicar qual das moléculas representadas pelo exercício 7 poderia ser representada pelo modelo proposto no simulador?

00:02:49

Sim.

00:02:50

Foi fácil, né?

00:02:51

Foi.

00:02:53

Porque aqui, duas moléculas só.

00:02:56

Dois átomos.

00:02:56

Isso, dois átomos só.

00:02:59

As únicas posições que poderia ser eram A e B.

00:03:02

A B não tinha como, porque os dois se anulavam.

00:03:05

Então, a única que sobrou foi A.

00:03:08

Em relação ao tipo de interação intermolecular predominante nas moléculas do modelo descrito

pelo simulador, que é a questão 10.

00:03:17

Você encontrou dificuldade para responder essa questão?

00:03:21

Não.

00:03:21

Então, você colocou força entre dipolos permanentes.

00:03:26

Isso.

00:03:27

Devido à formação dos polos.

00:03:30

Na tarefa 2, são as moléculas com três átomos, o átomo B é mais eletronegativo que o átomo A e C, certo?

00:03:42

Isso.

00:03:44

E o B é mais eletronegativo e A e C possuem a mesma eletronegatividade.

00:03:49

Como você representou essa molécula?

00:03:52

Eu peguei o H₂O.

00:03:54

E um negócio que ficou muito claro no aparelho lá foi tipo assim, quanto mais carga negativa tinha, ele se separava assim dos outros dois.

00:04:04

E mexe até com a geometria da molécula, né?

00:04:06

Ele vai se separando assim.

00:04:08

E aqui no água 2O, como os dois são H, o O foi se destacando e se puxando pra cima.

00:04:13

Muito bem.

00:04:14

E isso é representado lá com A flechinha, né?

00:04:17

Sim, com a flechinha, tinha até mais elementos que a gente quisesse acrescentar na hora pra poder representar melhor na nossa cabeça.

00:04:25

Muito bem.

00:04:27

Você, então, não encontrou dificuldade?

00:04:29

Não.

00:04:29

Esse aqui dos três moleques foi até mais fácil.

00:04:32

Tanto mesmo você tirando a moleque, dá pra ver todas as direções, ela voltava do mesmo lugar.

00:04:38

E como que ela ficou diante do campo elétrico?

00:04:42

Puxou mais o lado do oxigênio para o lado positivo e ela foi se puxando com os dois H para o lado negativo.

00:04:52

Na tarefa 3, são moléculas reais, com situações reais, as questões 15, 16, 17 trabalharam Como eu falei, situações reais.

00:05:05

Após a aula prática desenvolvida, você encontrou alguma dificuldade para responder essas questões?

00:05:11

Não.

00:05:12

A 1 e a 2?

00:05:12

Não.

00:05:13

Eu acho que trabalhava mais questões de solubilidade, que a gente também estudou regras de solubilidade.

00:05:21

Você consegue compreender, por exemplo, hoje eventos, reais que possam acontecer, poder compreender questão de solubilidade, moléculas polares e polares.

00:05:34

E você encontrou alguma dificuldade para representar a molécula escolhida na questão 17?

00:05:39

Não, foi só jogar o comando lá no aplicativo, no simulador e já ia.

00:05:48

Só precisava entender o conteúdo e passar pra ele que ele já ia.

00:05:52

Era mais importante então saber usar o simulador?

00:05:54

Sim, é aprender a usar.

00:05:56

Na verdade, a compreensão química você já tinha conseguido, né?

00:06:01

Sim.

00:06:01

Muito bem.

00:06:02

Muito obrigada.

ANEXOS

**ANEXO A – Pré-Testes Respondidos pelos
Estudantes (E1 ao E7)**



Curso: I MTEC/PI em Administração

Componente Curricular: Química

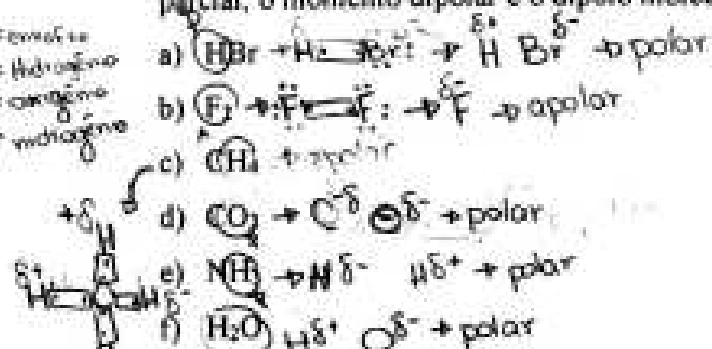
Pré - Teste

ATIVIDADES



1. Represente cada uma das moléculas a seguir por meio de modelo que ilustre a carga parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular.

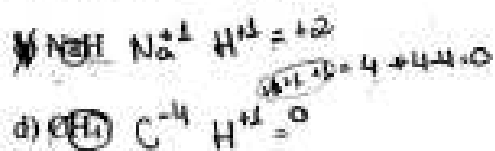
LEGENDA
 S = enxofre
 H = Hidrogênio
 O = oxigênio
 N = nitrogênio



2. Classifique as moléculas do exercício anterior como polares ou apolares. ✓

resposta na questão 1

3. Qual das substâncias abaixo apresenta moléculas que, nos estados sólido e líquido estão associadas por ligações de hidrogênio?



4. Organize as moléculas da questão anterior em ordem crescente de polaridade.

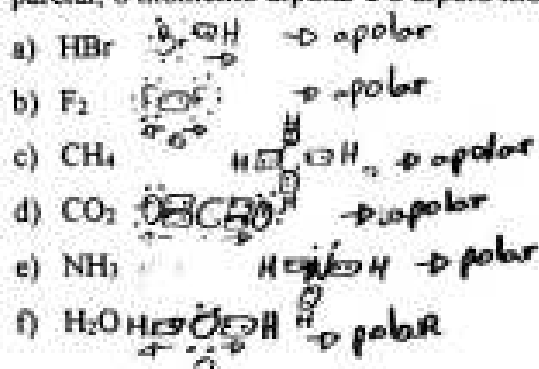
Curso: I MTEC/PI em Administração

Componente Curricular: Química

Pré - Teste

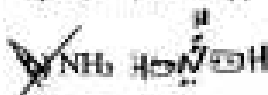
ATIVIDADES

1. Represente cada uma das moléculas a seguir por meio de modelo que ilustre a carga parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular.

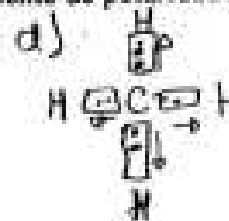


2. Classifique as moléculas do exercício anterior como polares ou apolares.

3. Qual das substâncias abaixo apresenta moléculas que, nos estados sólido e líquido, estão associadas por ligações de hidrogênio?



4. Organize as moléculas da questão anterior em ordem crescente de polaridade.



Curso: 1 MTEC/PI em Administração

Componente Curricular: Química

Pré – Teste

ATIVIDADES

1. Represente cada uma das moléculas a seguir por meio de modelo que ilustre a carga parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular.
 - a) HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
 - f) H₂O *apolar*
2. Classifique as moléculas do exercício anterior como polares ou apolares.
3. Qual das substâncias abaixo apresenta moléculas que, nos estados sólido e líquido, estão associadas por ligações de hidrogênio?
 - a) H₂
 - b) NH₃
 - c) NaH
 - d) CH₄
 - e) PH₃
4. Organize as moléculas da questão anterior em ordem crescente de polaridade.

Curso: I MTEC/PI em Administração

Componente Curricular: Química

Pré - Teste

ATIVIDADES

1. Represente cada uma das moléculas a seguir por meio de modelo que ilustre a carga parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular.

a) HBr *polar*

b) F₂ *apolar*

c) CH₄ *apolar*

d) CO₂ *apolar*

e) NH₃ *polar*

f) H₂O *polar*



2. Classifique as moléculas do exercício anterior como polares ou apolares.

3. Qual das substâncias abaixo apresenta moléculas que, nos estados sólido e líquido, estão associadas por ligações de hidrogênio?

a) H₂ *hidrogênio*

b) NH₃ *hidrogênio*

c) NaH

d) CH₄ *hidrogênio*

e) PH₃ *hidrogênio*

4. Organize as moléculas da questão anterior em ordem crescente de polaridade.

a) NaH

Curso: I MTEC/PI em Administração

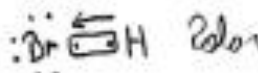
Componente Curricular: Química

Pré - Teste

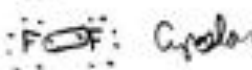
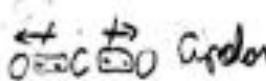
ATIVIDADES

1. Represente cada uma das moléculas a seguir por meio de modelo que ilustre a carga parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular.

a) HBr Polar

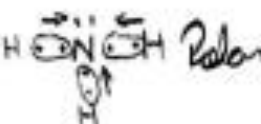


b) F₂ Apolar



c) CH₄ Polar

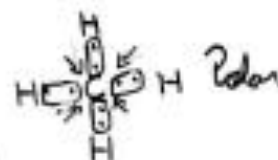
d) CO₂ Apolar



e) NH₃ Polar



f) H₂O Polar



2. Classifique as moléculas do exercício anterior como polares ou apolares.

HBr = Polar | F₂ = Apolar | CH₄ = Polar | CO₂ = Apolar | NH₃ = Polar | H₂O = Polar

3. Qual das substâncias abaixo apresenta moléculas que, nos estados sólido e líquido, estão associadas por ligações de hidrogênio?

a) H₂

~~b) NH₃~~

c) NaH

d) CH₄

e) PH₃

4. Organize as moléculas da questão anterior em ordem crescente de polaridade.

H₂, NaH, PH₃, CH₄, NH₃

Curso: 1 MTEC/PI em Administração

Componente Curricular: Química

Pré - Teste

ATIVIDADES

1. Represente cada uma das moléculas a seguir por meio de modelo que ilustre a carga parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular.

- a) HBr *apolar*
- b) F₂ *apolar*
- c) CH₄ *apolar*
- d) CO₂ *apolar*
- e) NH₃ *polar*
- f) H₂O *polar*



2. Classifique as moléculas do exercício anterior como polares ou apolares.

a = apolar b = apolar c = apolar d = apolar e = polar f = polar

3. Qual das substâncias abaixo apresenta moléculas que, nos estados sólido e líquido, estão associadas por ligações de hidrogênio?

- a) H₂ *Gasoso*
- b) NH₃ *Gasoso*
- ~~c) NaH sólido~~
- d) CH₄ *sólido*
- e) PH₃ *sólido*

4. Organize as moléculas da questão anterior em ordem crescente de polaridade.

H₂ apolar CH₄ apolar PH₃ apolar NaH polar NH₃ polar

Curso: I MTEC/PI em Administração

Componente Curricular: Química

Pré - Teste

ATIVIDADES

1. Represente cada uma das moléculas a seguir por meio de modelo que ilustre a carga parcial, o momento dipolar e o dipolo molecular.

- a) HBr $\text{H} \overset{\ominus}{\text{---}} \overset{\oplus}{\text{Br}}$ polar
- b) F_2 $\text{F} \overset{\ominus}{\text{---}} \overset{\oplus}{\text{F}}$ apolar
- c) CH_4 $\text{H} \overset{\ominus}{\text{---}} \overset{\oplus}{\text{C}} \overset{\ominus}{\text{---}} \overset{\oplus}{\text{H}}$ apolar
- d) CO_2 $\text{O} \overset{\ominus}{\text{---}} \overset{\oplus}{\text{C}} \overset{\ominus}{\text{---}} \overset{\oplus}{\text{O}}$ apolar
- e) NH_3 $\text{H} \overset{\ominus}{\text{---}} \overset{\oplus}{\text{N}} \overset{\ominus}{\text{---}} \overset{\oplus}{\text{H}}$ polar
- f) H_2O $\text{H} \overset{\ominus}{\text{---}} \overset{\oplus}{\text{O}} \overset{\ominus}{\text{---}} \overset{\oplus}{\text{H}}$ polar

2. Classifique as moléculas do exercício anterior como polares ou apolares.

3. Qual das substâncias abaixo apresenta moléculas que, nos estados sólido e líquido, estão associadas por ligações de hidrogênio?

a) H_2 ~~X~~ H_2

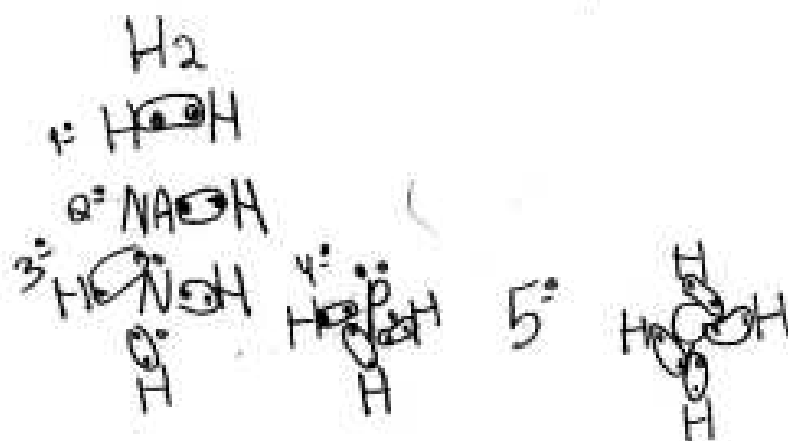
~~X~~ NH_3

c) NaH ~~X~~

~~X~~ CH_4

~~X~~ PH_3

4. Organize as moléculas da questão anterior em ordem crescente de polaridade.



**ANEXO B – Pós-Testes Respondidos pelos
Estudantes (E1 ao E7)**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

TAREFA 1: Moléculas com Dois Átomos

Seguir as orientações e responder as perguntas:

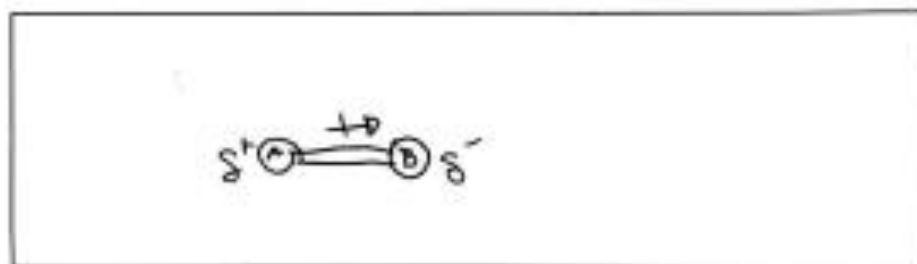
- 1) Acessar a simulação *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Selecione a opção "Dois Átomos".
- 2) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com o mesmo valor de eletronegatividade.
- 3) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
 - a) HBr
 - b) F_2
 - c) CH_4
 - d) CO_2
 - e) NH_3
- 4) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador?

Força de Dipolo Temporário (FDT)

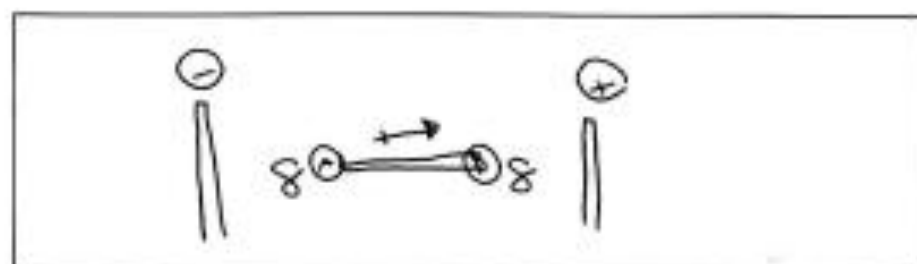
- 5) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?



- 6) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com valores de eletronegatividade diferentes. O átomo B deve ser mais eletronegativo que o átomo A.
- 7) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
- ▼ HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
- 8) Represente a molécula em questão por meio de um modelo que ilustre a ligação dipolo e a carga parcial.



- 9) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?

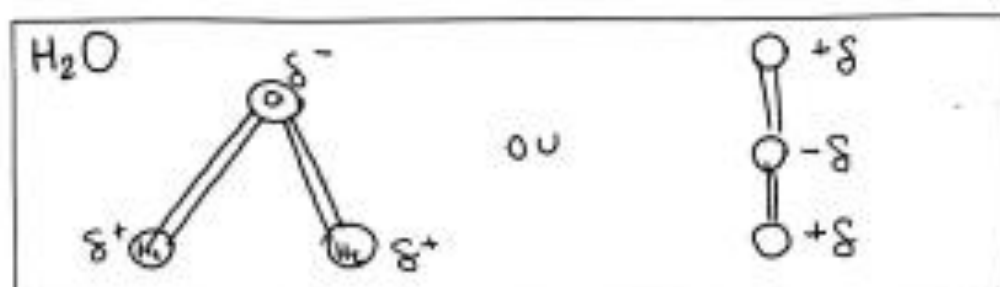


- 10) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador.

Ligação de hidrogênio ou Força de Dipolo Permanente

TAREFA 2: Moléculas com Três Átomos

- 11) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Três Átomos".
- 12) Configurar o simulador de forma que os átomos A e C possuam valores de eletronegatividade iguais. O átomo B deve ser mais eletronegativo que os átomos A e C.
- 13) Escolha uma molécula real que possa representar a molécula descrita pelo simulador. Apresente esta molécula por meio de um modelo que descreva o momento dipolar, o dipolo molecular e a carga parcial.



TAREFA 3: Moléculas Reais

14) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Moléculas Reais".

15) Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos. Abaixo pode-se observar os potenciais eletrostáticos da molécula de água (H_2O) e da molécula de metano (CH_4), que está representando um dos tipos de hidrocarbonetos encontrados no petróleo. Observando os potenciais eletrostáticos gerados pelo OA "Polaridade da Molécula" do sistema acima descrito é correto afirmar que a água e o petróleo não se misturam porque:

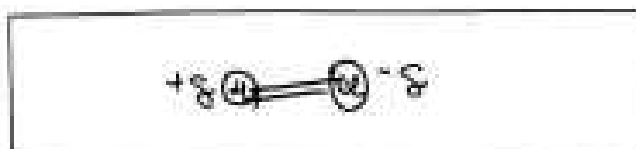
Porque as moléculas tem polaridades diferentes sendo a água polar e o petróleo apolar

16) Considere um tubo cilíndrico de 2 m de comprimento e diâmetro de 0,5 cm que ficou sujo com uma determinada graxa (derivado do petróleo). Um determinado fluido (líquido ou gasoso) será passado por esse cilindro com o intuito de que ele remova a graxa. Com o auxílio do simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, Verifique quais dentre as moléculas listadas abaixo melhor se adequa à tarefa.

a) H_2O CF_4 c) O_2 d) CH_3F e) $CHCl_3$

17) Das substâncias gasosas listadas abaixo, qual delas melhor se dissolve em água. Justifique sua resposta com o modelo que ilustre o momento dipolar e o dipolo molecular da molécula escolhida.

a) N_2 b) CO_2 c) O_2 d) O_3 HCl





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

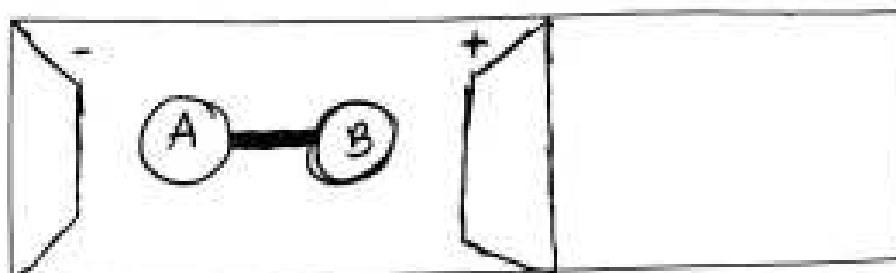
TAREFA 1: Moléculas com Dois Átomos

Seguir as orientações e responder as perguntas:

- 1) Acessar a simulação *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Selecione a opção "Dois Átomos".
- 2) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com o mesmo valor de eletronegatividade.
- 3) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
 - a) HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
- 4) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador?

London

- 5) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?



6) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com valores de eletronegatividade diferentes. O átomo B deve ser mais eletronegativo que o átomo A.

7) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.

HBr

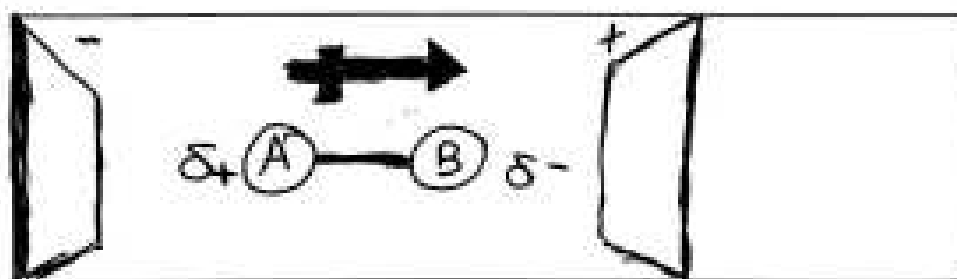
b) F_2

c) CH_4

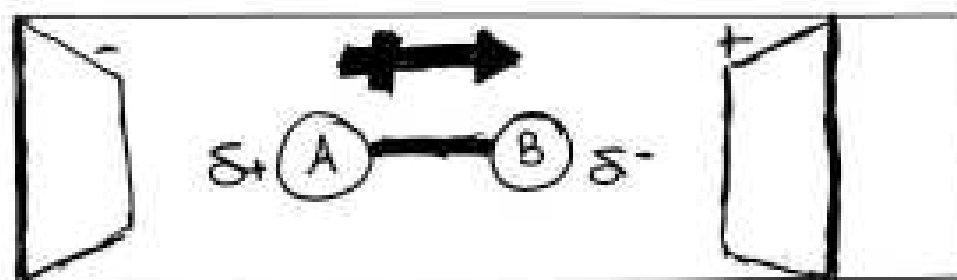
d) CO_2

e) NH_3

8) Represente a molécula em questão por meio de um modelo que ilustre a ligação dipolo e a carga parcial.



9) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?



10) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador.

F.D.P (forças entre Dipolos Permanentes).

TAREFA 3: Moléculas Reais

14) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Moléculas Reais".

15) Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos. Abaixo pode-se observar os potenciais eletrostáticos da molécula de água (H_2O) e da molécula de metano (CH_4), que está representando um dos tipos de hidrocarbonetos encontrados no petróleo. Observando os potenciais eletrostáticos gerados pelo OA "Polaridade da Molécula" do sistema acima descrito é correto afirmar que a água e o petróleo não se misturam porque:

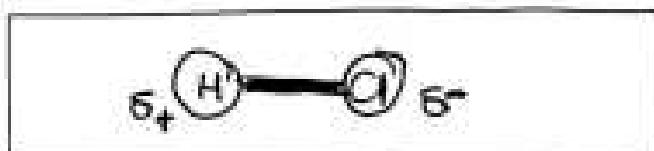
A água e o óleo não se misturam porque a água é polar e o óleo é apolar.

16) Considere um tubo cilíndrico de 2 m de comprimento e diâmetro de 0,5 cm que ficou sujo com uma determinada graxa (derivado do petróleo). Um determinado fluido (líquido ou gasoso) será passado por esse cilindro com o intuito de que ele remova a graxa. Com o auxílio do simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Verifique quais dentre as moléculas listadas abaixo melhor se adequa à tarefa.

a) H_2O ~~b) F_4~~ c) O_3 d) CH_3F e) $CHCl_3$

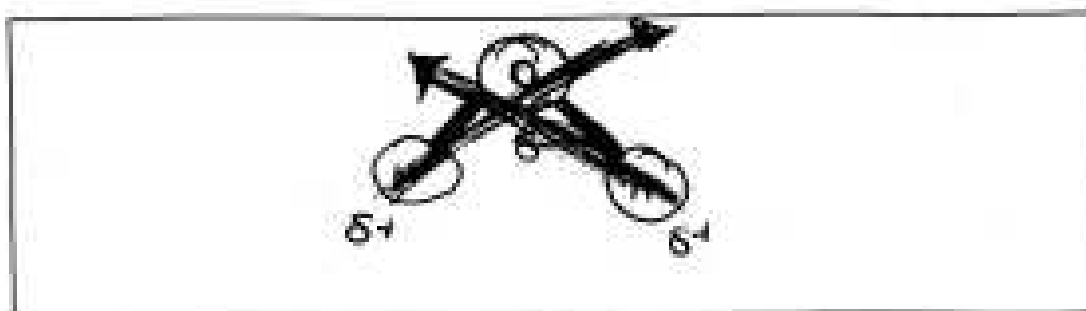
17) Das substâncias gasosas listadas abaixo, qual delas melhor se dissolve em água. Justifique sua resposta com o modelo que ilustre o momento dipolar e o dipolo molecular da molécula escolhida.

a) N_2 b) CO_2 c) O_3 d) O_2 ~~e) HCl~~



TAREFA 2: Moléculas com Três Átomos

- 11) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção “Três Átomos”.
- 12) Configurar o simulador de forma que os átomos A e C possuam valores de eletronegatividade iguais. O átomo B deve ser mais eletronegativo que os átomos A e C.
- 13) Escolha uma molécula real que possa representar a molécula descrita pelo simulador. Apresente esta molécula por meio de um modelo que descreva o momento dipolar, o dipolo molecular e a carga parcial.



TAREFA 3: Moléculas Reais

14) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Moléculas Reais".

15) Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos. Abaixo pode-se observar os potenciais eletrostáticos da molécula de água (H_2O) e da molécula de metano (CH_4), que está representando um dos tipos de hidrocarbonetos encontrados no petróleo. Observando os potenciais eletrostáticos gerados pelo OA "Polaridade da Molécula" do sistema acima descrito é correto afirmar que a água e o petróleo não se misturam porque:

A água e o óleo não se misturam porque a água é polar e o óleo é apolar.

16) Considere um tubo cilíndrico de 2 m de comprimento e diâmetro de 0,5 cm que ficou sujo com uma determinada graxa (derivado do petróleo). Um determinado fluido (líquido ou gasoso) será passado por esse cilindro com o intuito de que ele remova a graxa. Com o auxílio do simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Verifique quais dentre as moléculas listadas abaixo melhor se adequa à tarefa.

a) H_2O ~~b) CF_4~~ c) O_2 d) CH_3F e) $CHCl_3$

17) Das substâncias gasosas listadas abaixo, qual delas melhor se dissolve em água. Justifique sua resposta com o modelo que ilustre o momento dipolar e o dipolo molecular da molécula escolhida.

a) N_2 b) CO_2 c) O_3 d) O_2 ~~e) HCl~~





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

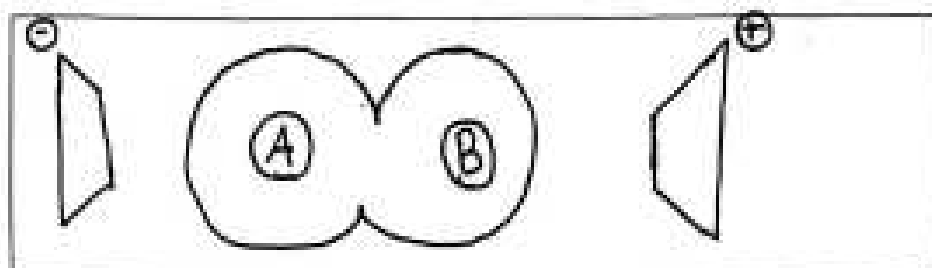
TAREFA 1: Moléculas com Dois Átomos

Seguir as orientações e responder as perguntas:

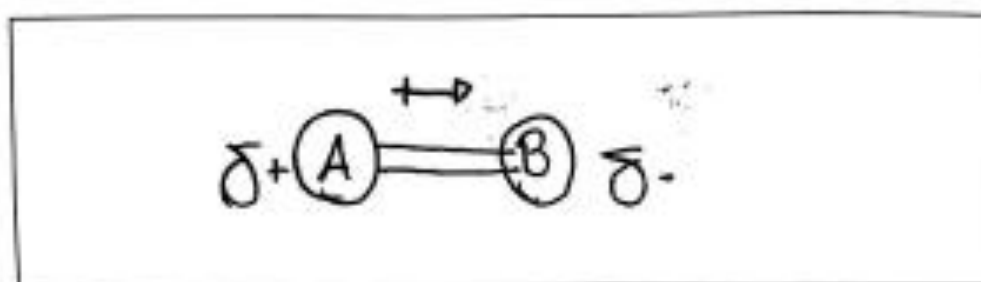
- 1) Acessar a simulação *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Selecione a opção "Dois Átomos".
- 2) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com o mesmo valor de eletronegatividade.
- 3) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
 - a) HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
- 4) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador?

De London, pois não se encaixa no F.O.N

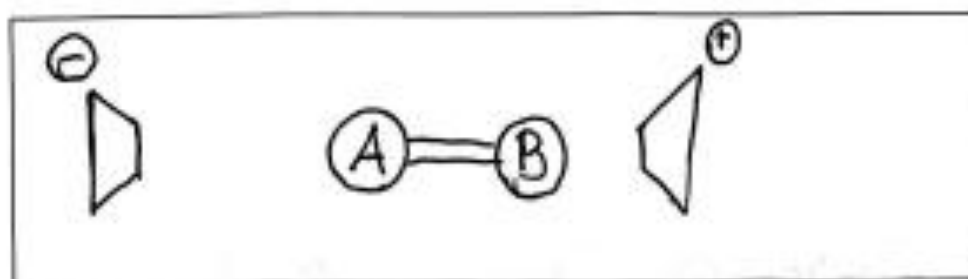
- 5) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?



- 6) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com valores de eletronegatividade diferentes. O átomo B deve ser mais eletronegativo que o átomo A.
- 7) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
- a) HBr
- b) F_2
- c) CH_4
- d) CO_2
- e) NH_3
- 8) Represente a molécula em questão por meio de um modelo que ilustre a ligação dipolo e a carga parcial.



- 9) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?

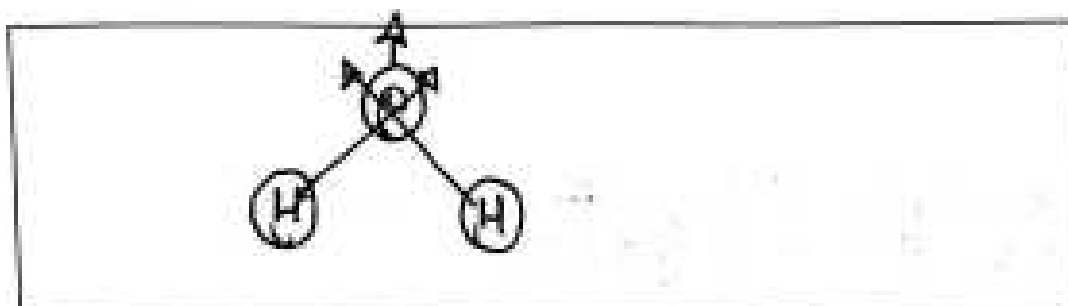


- 10) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador.

Forças entre Dipolos permanentes.

TAREFA 2: Moléculas com Três Átomos

- 11) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Três Átomos".
- 12) Configurar o simulador de forma que os átomos A e C possuam valores de eletronegatividade iguais. O átomo B deve ser mais eletronegativo que os átomos A e C.
- 13) Escolha uma molécula real que possa representar a molécula descrita pelo simulador. Apresente esta molécula por meio de um modelo que descreva o momento dipolar, o dipolo molecular e a carga parcial.



TAREFA 3: Moléculas Reais

14) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Moléculas Reais".

15) Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos. Abaixo pode-se observar os potenciais eletrostáticos da molécula de água (H_2O) e da molécula de metano (CH_4), que está representando um dos tipos de hidrocarbonetos encontrados no petróleo. Observando os potenciais eletrostáticos gerados pelo OA "Polaridade da Molécula" do sistema acima descrito é correto afirmar que a água e o petróleo não se misturam porque:

A água e o óleo não se misturam, pois a água é polar e o óleo é apolar

16) Considere um tubo cilíndrico de 2 m de comprimento e diâmetro de 0,5 cm que ficou sujo com uma determinada graxa (derivado do petróleo). Um determinado fluido (líquido ou gasoso) será passado por esse cilindro com o intuito de que ele remova a graxa. Com o auxílio do simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Verifique quais dentre as moléculas listadas abaixo melhor se adequa à tarefa.

a) H_2O ~~b) CF_4~~ c) O_3 d) CH_3F e) $CHCl_3$

17) Das substâncias gasosas listadas abaixo, qual delas melhor se dissolve em água. Justifique sua resposta com o modelo que ilustre o momento dipolar e o dipolo molecular da molécula escolhida.

a) N_2 b) CO_2 c) O_3 d) O_2 ~~e) HCl~~





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

TAREFA 1: Moléculas com Dois Átomos

Seguir as orientações e responder as perguntas:

- 1) Acessar a simulação *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Selecione a opção "Dois Átomos".
- 2) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com o mesmo valor de eletronegatividade.
- 3) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
 - a) HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
- 4) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador?

Londres

- 5) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?



6) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com valores de eletronegatividade diferentes. O átomo B deve ser mais eletronegativo que o átomo A.

7) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.

HBr

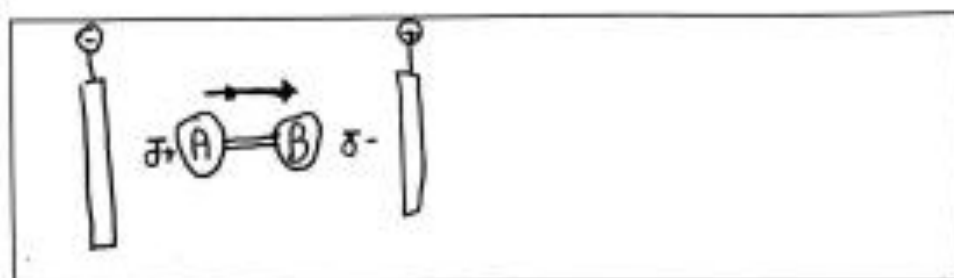
b) F₂

c) CH₄

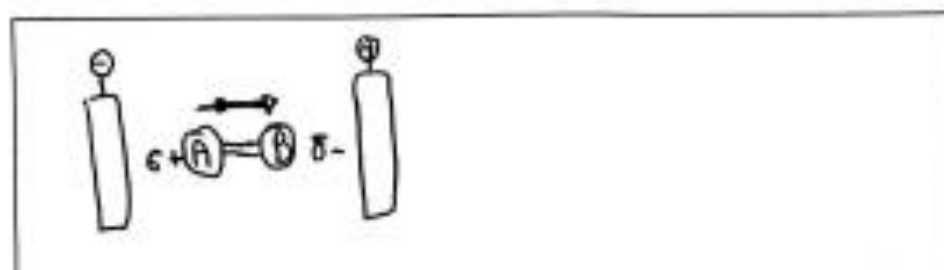
d) CO₂

e) NH₃

8) Represente a molécula em questão por meio de um modelo que ilustre a ligação dipolo e a carga parcial.



9) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?

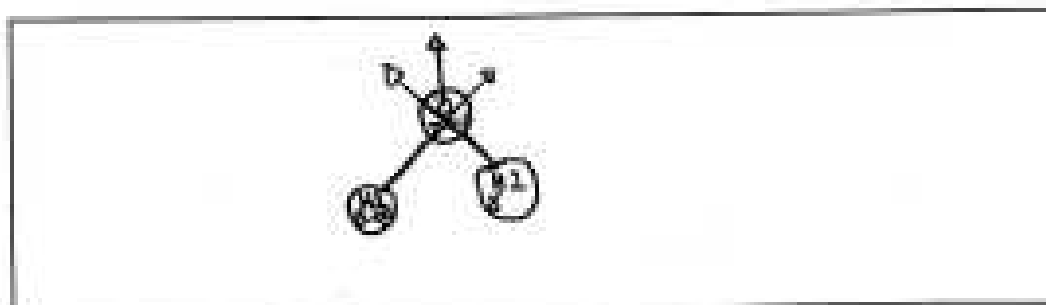


10) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador.

F.D.P forças entre dipolos permanentes

TAREFA 2: Moléculas com Três Átomos

- 11) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção “Três Átomos”.
- 12) Configurar o simulador de forma que os átomos A e C possuam valores de eletronegatividade iguais. O átomo B deve ser mais eletronegativo que os átomos A e C.
- 13) Escolha uma molécula real que possa representar a molécula descrita pelo simulador. Apresente esta molécula por meio de um modelo que descreva o momento dipolar, o dipolo molecular e a carga parcial.



TAREFA 3: Moléculas Reais

14) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Moléculas Reais".

15) Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos. Abaixo pode-se observar os potenciais eletrostáticos da molécula de água (H_2O) e da molécula de metano (CH_4), que está representando um dos tipos de hidrocarbonetos encontrados no petróleo. Observando os potenciais eletrostáticos gerados pelo OA "Polaridade da Molécula" do sistema acima descrito é correto afirmar que a água e o petróleo não se misturam porque:

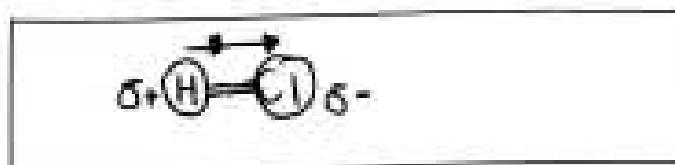
A água e o óleo não se misturam porque o óleo/ CH_4 é apolar e a água é polar

16) Considere um tubo cilíndrico de 2 m de comprimento e diâmetro de 0,5 cm que ficou sujo com uma determinada graxa (derivado do petróleo). Um determinado fluido (líquido ou gasoso) será passado por esse cilindro com o intuito de que ele remova a graxa. Com o auxílio do simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Verifique quais dentre as moléculas listadas abaixo melhor se adequa à tarefa.

a) H_2O ~~b) CF_4~~ c) O_2 d) CH_3F e) $CHCl_3$

17) Das substâncias gasosas listadas abaixo, qual delas melhor se dissolve em água. Justifique sua resposta com o modelo que ilustre o momento dipolar e o dipolo molecular da molécula escolhida.

a) N_2 b) CO_2 c) O_2 d) O_3 ~~e) HCl~~





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

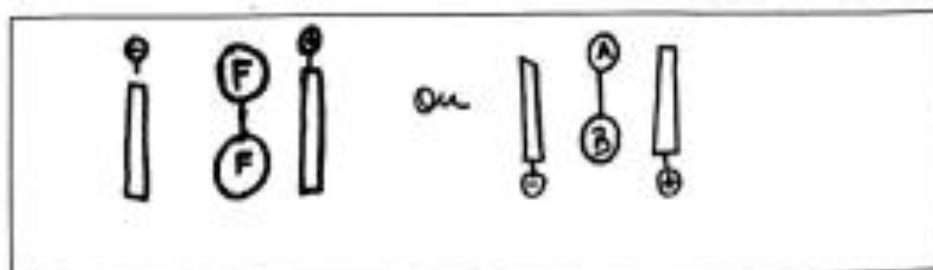
TAREFA 1: Moléculas com Dois Átomos

Seguir as orientações e responder as perguntas:

- 1) Acessar a simulação *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Selecione a opção "Dois Átomos".
- 2) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com o mesmo valor de eletronegatividade.
- 3) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
 - a) HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
- 4) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador?

London

- 5) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?



6) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com valores de eletronegatividade diferentes. O átomo B deve ser mais eletronegativo que o átomo A.

7) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.

a) HBr

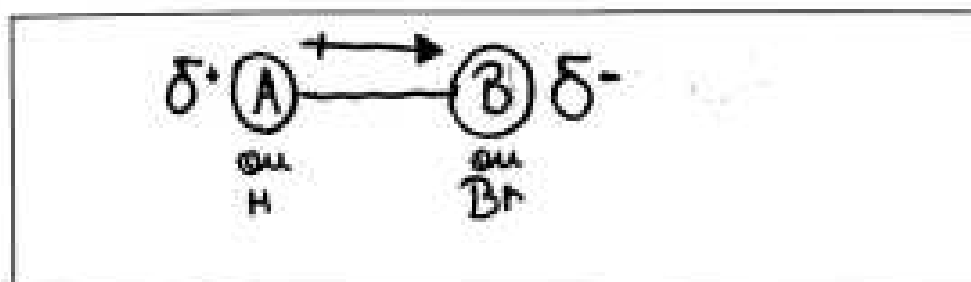
b) F₂

c) CH₄

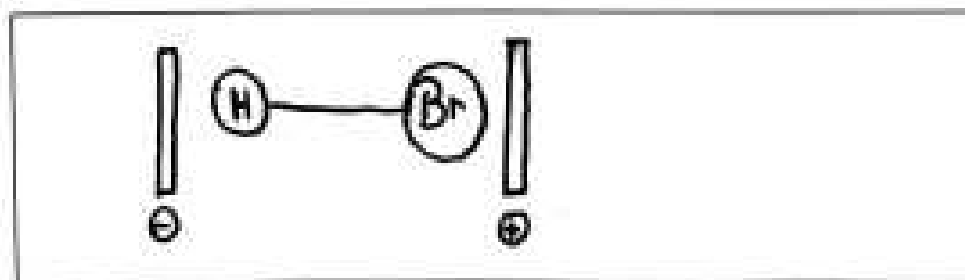
d) CO₂

e) NH₃

8) Represente a molécula em questão por meio de um modelo que ilustre a ligação dipolo e a carga parcial.



9) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?

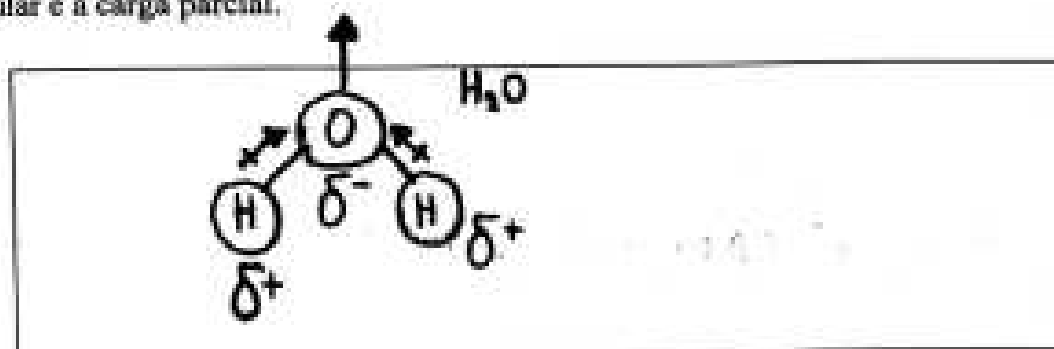


10) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador.

F.D.P (Força entre Dipolos Permanentes)

TAREFA 2: Moléculas com Três Átomos

- 11) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Três Átomos".
- 12) Configurar o simulador de forma que os átomos A e C possuam valores de eletronegatividade iguais. O átomo B deve ser mais eletronegativo que os átomos A e C.
- 13) Escolha uma molécula real que possa representar a molécula descrita pelo simulador. Apresente esta molécula por meio de um modelo que descreva o momento dipolar, o dipolo molecular e a carga parcial.



TAREFA 3: Moléculas Reais

14) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Moléculas Reais".

15) Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos. Abaixo pode-se observar os potenciais eletrostáticos da molécula de água (H_2O) e da molécula de metano (CH_4), que está representando um dos tipos de hidrocarbonetos encontrados no petróleo. Observando os potenciais eletrostáticos gerados pelo OA "Polaridade da Molécula" do sistema acima descrito é correto afirmar que a água e o petróleo não se misturam porque:

A água é polar e o CH_4 é apolar e por isso eles não se misturam

16) Considere um tubo cilíndrico de 2 m de comprimento e diâmetro de 0,5 cm que fica sujo com uma determinada graxa (derivado do petróleo). Um determinado fluido (líquido ou gasoso) será passado por esse cilindro com o intuito de que ele remova a graxa. Com o auxílio do simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Verifique quais dentre as moléculas listadas abaixo melhor se adequa à tarefa.

a) H_2O ~~X~~ CF_4 c) O_3 d) CH_3F e) $CHCl_3$

17) Das substâncias gasosas listadas abaixo, qual delas melhor se dissolve em água. Justifique sua resposta com o modelo que ilustre o momento dipolar e o dipolo molecular da molécula escolhida.

a) N_2 b) CO_2 c) O_3 d) O_2 ~~X~~ HCl





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

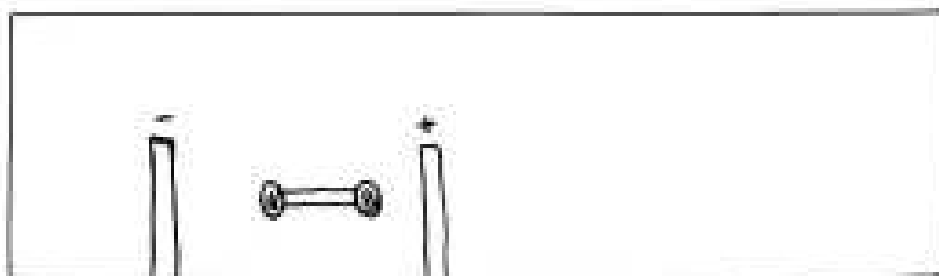
TAREFA 1: Moléculas com Dois Átomos

Seguir as orientações e responder as perguntas:

- 1) Acessar a simulação *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Selecione a opção "Dois Átomos".
- 2) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com o mesmo valor de eletronegatividade.
- 3) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
 - a) HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
- 4) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador?

ligação dipolo-dipolo

- 5) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?



6) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com valores de eletronegatividade diferentes. O átomo B deve ser mais eletronegativo que o átomo A.

7) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.

a) HBr

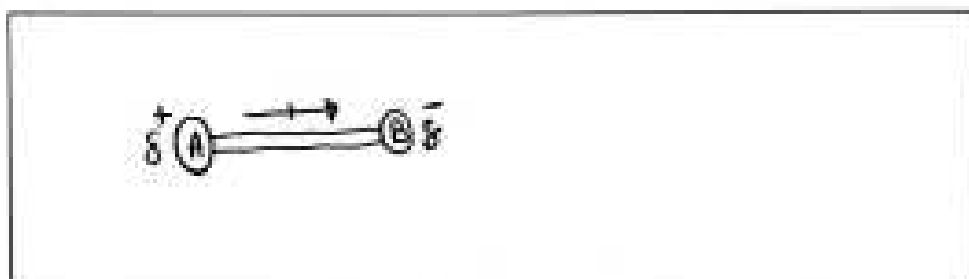
b) F_2

c) CH_4

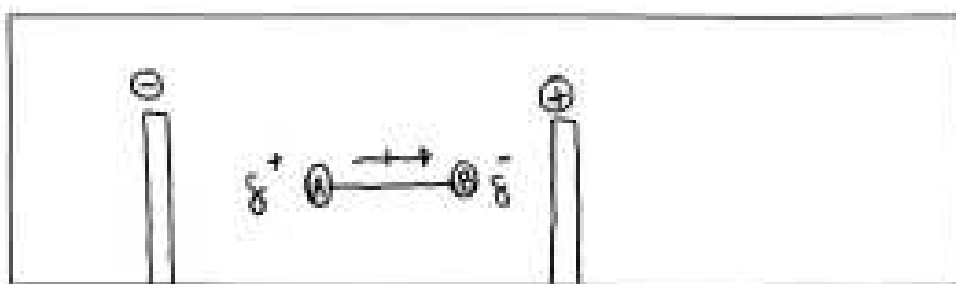
d) CO_2

e) NH_3

8) Represente a molécula em questão por meio de um modelo que ilustre a ligação dipolo e a carga parcial.



9) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?

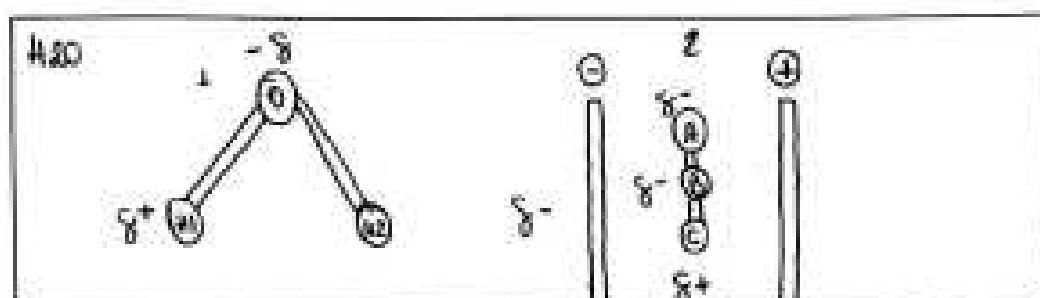


10) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador.

ligação de hidrogênio

TAREFA 2: Moléculas com Três Átomos

- 11) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Três Átomos".
- 12) Configurar o simulador de forma que os átomos A e C possuam valores de eletronegatividade iguais. O átomo B deve ser mais eletronegativo que os átomos A e C.
- 13) Escolha uma molécula real que possa representar a molécula descrita pelo simulador. Apresente esta molécula por meio de um modelo que descreva o momento dipolar, o dipolo molecular e a carga parcial.



TAREFA 3: Moléculas Reais

14) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Moléculas Reais".

15) Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos. Abaixo pode-se observar os potenciais eletrostáticos da molécula de água (H_2O) e da molécula de metano (CH_4), que está representando um dos tipos de hidrocarbonetos encontrados no petróleo. Observando os potenciais eletrostáticos gerados pelo OA "Polaridade da Molécula" do sistema acima descrito é correto afirmar que a água e o petróleo não se misturam porque:

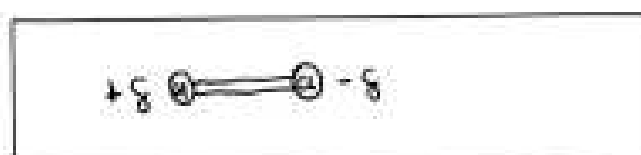
Porque as moléculas tem polaridade diferentes, sendo água (H_2O) polar e o petróleo apolar.

16) Considere um tubo cilíndrico de 2 m de comprimento e diâmetro de 0,5 cm que ficou sujo com uma determinada graxa (derivado do petróleo). Um determinado fluido (líquido ou gasoso) será passado por esse cilindro com o intuito de que ele remova a graxa. Com o auxílio do simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, Verifique quais dentre as moléculas listadas abaixo melhor se adequa à tarefa.

a) H_2O ~~b) CF_4~~ c) O_3 d) CH_3F e) $CHCl_3$

17) Das substâncias gasosas listadas abaixo, qual delas melhor se dissolve em água. Justifique sua resposta com o modelo que ilustre o momento dipolar e o dipolo molecular da molécula escolhida.

a) N_2 b) CO_2 c) O_3 d) O_2 ~~e) HCl~~





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

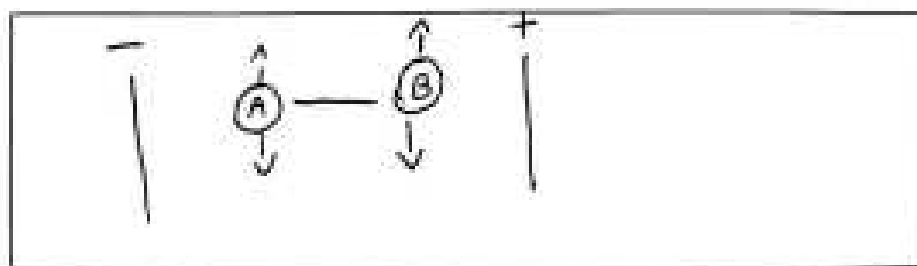
TAREFA 1: Moléculas com Dois Átomos

Seguir as orientações e responder as perguntas:

- 1) Acessar a simulação *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html. Selecione a opção "Dois Átomos".
- 2) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com o mesmo valor de eletronegatividade.
- 3) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.
 - a) HBr
 - b) F₂
 - c) CH₄
 - d) CO₂
 - e) NH₃
- 4) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador?

As interações intermoleculares predominante é a F.D.T

- 5) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?

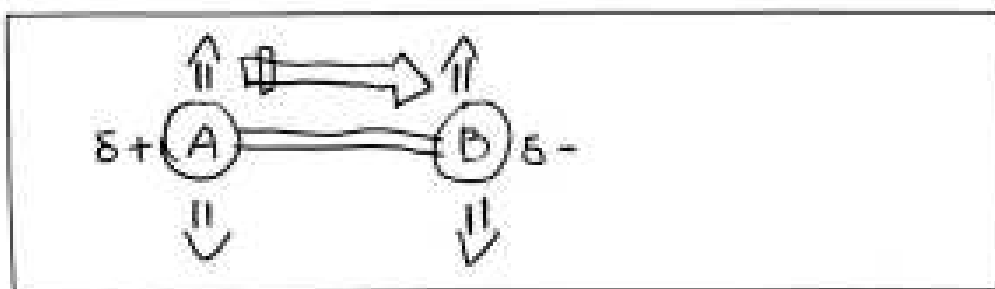


6) Configurar o simulador de forma que os dois átomos, A e B, estejam com valores de eletronegatividade diferentes. O átomo B deve ser mais eletronegativo que o átomo A.

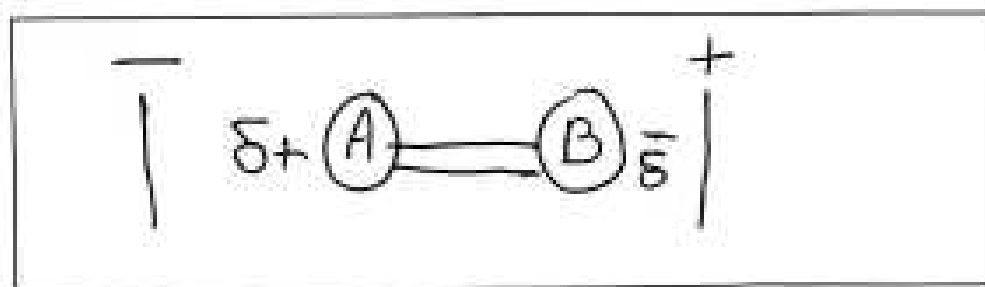
7) Indique qual das moléculas a seguir pode ser representada pelo modelo proposto pelo simulador.

- a) HBr
 b) F₂
 c) CH₄
 d) CO₂
 e) NH₃

8) Represente a molécula em questão por meio de um modelo que ilustre a ligação dipolo e a carga parcial.



9) Como esta molécula se comporta diante de um campo elétrico?

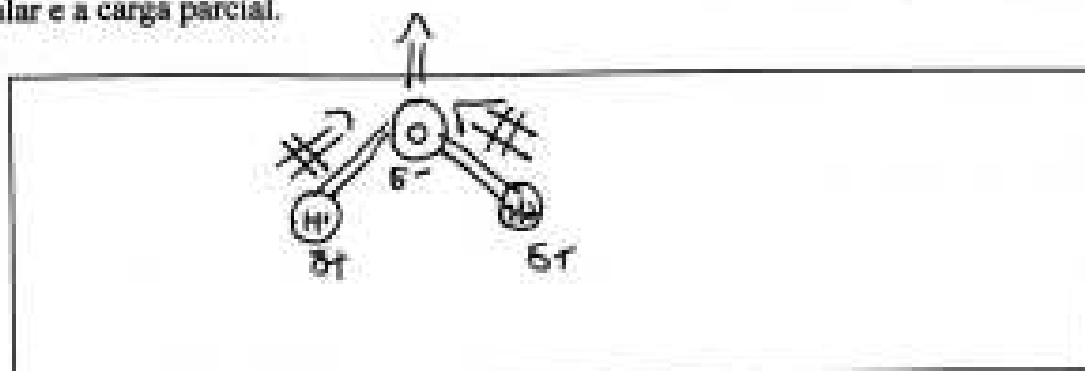


10) Qual é o tipo de interação intermolecular predominante que mantém unidas as moléculas do modelo descrito pelo simulador.

F.D.P

TAREFA 2: Moléculas com Três Átomos

- 11) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Três Átomos".
- 12) Configurar o simulador de forma que os átomos A e C possuam valores de eletronegatividade iguais. O átomo B deve ser mais eletronegativo que os átomos A e C.
- 13) Escolha uma molécula real que possa representar a molécula descrita pelo simulador. Apresente esta molécula por meio de um modelo que descreva o momento dipolar, o dipolo molecular e a carga parcial.



TAREFA 3: Moléculas Reais

14) Ainda no simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, selecionar a opção "Moléculas Reais".

15) Em vazamentos ocorridos em refinarias de petróleo, que extravasam para rios, lagos e oceanos, verifica-se a utilização de barreiras de contenção para evitar a dispersão do óleo. Nesses casos, observa-se a formação de um sistema heterogêneo onde o petróleo fica na superfície desses recursos hídricos. Abaixo pode-se observar os potenciais eletrostáticos da molécula de água (H_2O) e da molécula de metano (CH_4), que está representando um dos tipos de hidrocarbonetos encontrados no petróleo. Observando os potenciais eletrostáticos gerados pelo OA "Polaridade da Molécula" do sistema acima descrito é correto afirmar que a água e o petróleo não se misturam porque:

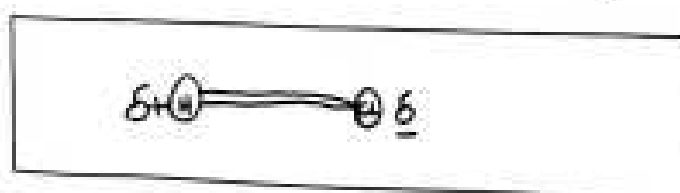
Porque a água é polar e o CH_4 é apolar, e polos e o apolar não se misturam.

16) Considere um tubo cilíndrico de 2 m de comprimento e diâmetro de 0,5 cm que ficou sujo com uma determinada graxa (derivado do petróleo). Um determinado fluido (líquido ou gasoso) será passado por esse cilindro com o intuito de que ele remova a graxa. Com o auxílio do simulador *Polaridade da Molécula*, do repositório PHET da Universidade do Colorado: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html, Verifique quais dentre as moléculas listadas abaixo melhor se adequa à tarefa.

a) H_2O ~~X~~ CF_4 c) O_3 d) CH_3F e) $CHCl_3$

17) Das substâncias gasosas listadas abaixo, qual delas melhor se dissolve em água. Justifique sua resposta com o modelo que ilustre o momento dipolar e o dipolo molecular da molécula escolhida.

a) N_2 b) CO_2 c) O_3 d) O_2 ~~X~~ HCl



**ANEXO C – Avaliação da Proposta Respondida
pelos Estudantes (E1 ao E7)**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE

- 1) Sobre a utilização do software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET), assinale uma ou mais alternativas de acordo com a sua opinião:
- Não tive dificuldades para utilizá-lo;
 - Tive dificuldades em alguns momentos;
 - Achei difícil utilizar o software;
 - É um recurso que poderia ser utilizado com mais frequência em outros conteúdos de química.

- 2) Se você teve alguma dificuldade para manusear o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) escreva quais foram estas dificuldades.

Eu tive facilidade para utilizar, por conta do auxílio dos professores, mas sem esse auxílio apresentamos certa dificuldade.

- 3) Quais as contribuições que o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) lhe proporcionou para aprender o conteúdo durante as aulas de química?

Obtive maior compreensão sobre a eletronegatividade e polaridade das moléculas.

- 4) O Conteúdo polaridade das moléculas foi abordado em dois momentos: primeiramente em sala de aula utilizando a lousa. Em seguida fomos para o laboratório de informática e utilizamos o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET). Em sua opinião, indique qual das abordagens foi mais útil para melhor compreensão dos conceitos.

Utilizar as abordagens melhoraram minha aprendizagem.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE

- 1) Sobre a utilização do software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET), assinale uma ou mais alternativas de acordo com a sua opinião:
- Não tive dificuldades para utilizá-lo;
 - Tive dificuldades em alguns momentos;
 - Achei difícil utilizar o software;
 - É um recurso que poderia ser utilizado com mais frequência em outros conteúdos de química.

- 2) Se você teve alguma dificuldade para manusear o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) escreva quais foram estas dificuldades.

Não tive dificuldades, pelo contrário achei
fácil de usar

- 3) Quais as contribuições que o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) lhe proporcionou para aprender o conteúdo durante as aulas de química?

Maior entendimento sobre o assunto

- 4) O Conteúdo polaridade das moléculas foi abordado em dois momentos: primeiramente em sala de aula utilizando a lousa. Em seguida fomos para o laboratório de informática e utilizamos o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET). Em sua opinião, indique qual das abordagens foi mais útil para melhor compreensão dos conceitos.

Com o software foi muito mais fácil de
entender sobre o assunto



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

AValiação da Atividade

- 1) Sobre a utilização do software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET), assinale uma ou mais alternativas de acordo com a sua opinião:
- Não tive dificuldades para utilizá-lo;
 - Tive dificuldades em alguns momentos;
 - Achei difícil utilizar o software;
 - É um recurso que poderia ser utilizado com mais frequência em outros conteúdos de química.

- 2) Se você teve alguma dificuldade para usar o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) escreva quais foram estas dificuldades.

Não tive dificuldade.

- 3) Quais as contribuições que o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) lhe proporcionou para aprender o conteúdo durante as aulas de química?

Deu para visualizar melhor assim consegui compreender com mais facilidade o conteúdo.

- 4) O conteúdo polaridade das moléculas foi abordado em dois momentos: primeiramente em sala de aula utilizando a lousa. Em seguida fomos para o laboratório de informática e utilizamos o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET). Em sua opinião, indique qual das abordagens foi mais útil para melhor compreensão dos conceitos.

Os dois foram essenciais para a aprendizagem, porém com o software deu para ver e entender melhor como funciona.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE

- 1) Sobre a utilização do software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET), assinale uma ou mais alternativas de acordo com a sua opinião:
- Não tive dificuldades para utilizá-lo;
 - Tive dificuldades em alguns momentos;
 - Achei difícil utilizar o software;
 - É um recurso que poderia ser utilizado com mais frequência em outros conteúdos de química.

- 2) Se você teve alguma dificuldade para manusear o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) escreva quais foram estas dificuldades.

Não tive dificuldade em utilizar o software de simulação

- 3) Quais as contribuições que o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) lhe proporcionou para aprender o conteúdo durante as aulas de química?

Com as imagens e poder mudar as imagens da polaridade ficou bem mais fácil de entender

- 4) O Conteúdo polaridade das moléculas foi abordado em dois momentos: primeiramente em sala de aula utilizando a lousa. Em seguida fomos para o laboratório de informática e utilizamos o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET). Em sua opinião, indique qual das abordagens foi mais útil para melhor compreensão dos conceitos.

Com o software foi muito mais fácil de entender sobre a mesma.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE

- 1) Sobre a utilização do software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET), assinale uma ou mais alternativas de acordo com a sua opinião:
- Não tive dificuldades para utilizá-lo;
 - Tive dificuldades em alguns momentos;
 - Achei difícil utilizar o software;
 - É um recurso que poderia ser utilizado com mais frequência em outros conteúdos de química.

- 2) Se você teve alguma dificuldade para manusear o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) escreva quais foram estas dificuldades.

Eu me confundi por causa do inglês que estava escrito na maioria das partes

- 3) Quais as contribuições que o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) lhe proporcionou para aprender o conteúdo durante as aulas de química?

Ele mostrou quais eram mais eletronegativas conforme eu escolhi as moléculas

- 4) O Conteúdo polaridade das moléculas foi abordado em dois momentos: primeiramente em sala de aula utilizando a lousa. Em seguida fomos para o laboratório de informática e utilizamos o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET). Em sua opinião, indique qual das abordagens foi mais útil para melhor compreensão dos conceitos.

A melhor abordagem foi no laboratório



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE

- 1) Sobre a utilização do software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET), assinale uma ou mais alternativas de acordo com a sua opinião:
- Não tive dificuldades para utilizá-lo;
 - Tive dificuldades em alguns momentos;
 - Achei difícil utilizar o software;
 - É um recurso que poderia ser utilizado com mais frequência em outros conteúdos de química.

- 2) Se você teve alguma dificuldade para manusear o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) escreva quais foram estas dificuldades.

Não tive dificuldade

- 3) Quais as contribuições que o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) lhe proporcionou para aprender o conteúdo durante as aulas de química?

Ver na "prática" como funciona a polaridade da molécula e descobri algumas curiosidades

- 4) O Conteúdo polaridade das moléculas foi abordado em dois momentos: primeiramente em sala de aula utilizando a lousa. Em seguida fomos para o laboratório de informática e utilizamos o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET). Em sua opinião, indique qual das abordagens foi mais útil para melhor compreensão dos conceitos.

As duas formas foram úteis, em sala aprendi sobre a teoria e alguns exemplos e na forma de software vimos como funciona e tirando algumas dúvidas.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE

- 1) Sobre a utilização do software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET), assinale uma ou mais alternativas de acordo com a sua opinião:
- () Não tive dificuldades para utilizá-lo;
- () Tive dificuldades em alguns momentos;
- () Achei difícil utilizar o software;
- É um recurso que poderia ser utilizado com mais frequência em outros conteúdos de química.

- 2) Se você teve alguma dificuldade para manusear o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) escreva quais foram estas dificuldades.

Dei a parte que estava em inglês, porque isso foi muito fácil.

- 3) Quais as contribuições que o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET) lhe proporcionou para aprender o conteúdo durante as aulas de química?

Plataforma mais simples do conteúdo estudado, quando vemos ali a molécula fica muito mais fácil entender.

- 4) O conteúdo polaridade das moléculas foi abordado em dois momentos: primeiramente em sala de aula utilizando a lousa. Em seguida fomos para o laboratório de informática e utilizamos o software de simulação virtual Polaridade da Molécula (PhET). Em sua opinião, indique qual das abordagens foi mais útil para melhor compreensão dos conceitos.

As duas foram boas, mas, no computador tive mais facilidade, geralmente na lousa para explicar mais detalhes e com a simulação ficou porque posso ver todos os detalhes!