



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL



**DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
A PARTIR DA ANÁLISE DA ABORDAGEM SOBRE
INTERAÇÕES INTERMOLECULARES
NOS MANUAIS DO PROFESSOR DO PNLD 2021**

Juscelino Pereira da Silva

Ituiutaba - MG
2025

JUSCELINO PEREIRA DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA A PARTIR DA
ANÁLISE DA ABORDAGEM SOBRE INTERAÇÕES INTERMOLECULARES
NOS MANUAIS DO PROFESSOR DO PNLD 2021**

Dissertação e produto educacional apresentados no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática-Mestrado Profissional.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Linha de pesquisa: Formação de Professores em Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior.

Ituiutaba - MG
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S586d
2025 Silva, Juscelino Pereira da, 1993-
Desenvolvimento de uma sequência didática a partir da análise da
abordagem sobre interações intermoleculares nos manuais do professor do
PNLD 2021 [recurso eletrônico] / Juscelino Pereira da Silva. - 2025.

Orientador: José Gonçalves Teixeira Júnior.

Dissertação (Mestrado profissional) - Universidade Federal de
Uberlândia, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e
Matemática.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.5143>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ciências - estudo e ensino. I. Teixeira Júnior, José Gonçalves,
1977-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de
Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III. Título.

CDU: 50:37

André Carlos Francisco
Bibliotecário-Documentalista - CRB-6/3408



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ensino de Ciências e Matemática				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Profissional / Produto Educacional - PPGECM				
Data:	13/03/2025	Hora de início:	19h	Hora de encerramento:	22h
Matrícula do Discente:	12212ECM005				
Nome do Discente:	Juscelino Pereira da Silva				
Título do Trabalho:	Desenvolvimento de uma sequência didática a partir da análise da abordagem sobre interações intermoleculares nos manuais do professor do PNLD 2021				
Área de concentração:	Ensino de Ciências e Matemática				
Linha de pesquisa:	Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática				

Reuniu-se por meio da videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, assim composta: Prof. Dr. José Gonçalves Teixeira Júnior (ICENP/UFU) - orientador; Profa. Dra. Viviani Alves de Lima (IQ/UFU) e, Profa. Dra. Cinara Aparecida de Moraes (E. E. Doutor Fernando Alexandre). Iniciando os trabalhos o presidente da mesa apresentou a Comissão Examinadora e o candidato agradeceu a presença do público, e concedeu ao discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa. A seguir, o presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O componente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **José Gonçalves Teixeira Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 14/03/2025, às 08:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Viviani Alves de Lima, Professor(a) do Magistério Superior**, em 14/03/2025, às 17:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cinara Aparecida de Moraes, Usuário Externo**, em 14/03/2025, às 18:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6149076** e o código CRC **E694C502**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de iniciar no programa, por sempre ter me amparado e por ter me concedido forças em tantos momentos em que eu não acreditava que seria capaz de suportar.

Ao apoio e suporte de meus familiares Carlos e Sandra durante todo o processo.

Por todo incentivo dado por minha mãe Maria Aparecida para que sempre, independente das adversidades, sempre continuasse investindo em meus estudos.

Ao meu companheiro, amigo e esposo Carlos Filho, por ter me encorajado a realizar mais este sonho, por ser meu norte em todos os momentos de dúvida e dificuldades, por ter me apoiado e por sempre ter estado ao meu lado em todos os momentos de fragilidade física e emocional.

Ao meu orientador José Gonçalves por toda a parceria construída desde a Graduação, por todos os ensinamentos para com a Química e para com a carreira docente e, principalmente, por todas as orientações durante o programa.

Um agradecimento especial à professora Carmen pela parceria e pelo trabalho desenvolvido durante a realização da disciplina Prática Supervisionada.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade,
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
MEC	Ministério da Educação
PIBID	Programa Institucional de Graduação em Docência
PNLD	Programa Nacional do Livro e do Material Didático
SD	Sequência Didática
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFU	Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar a abordagem do conteúdo de interações intermoleculares nos manuais do professor dos livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, aprovados no PNLD 2021. A partir deste levantamento, busca-se elaborar uma sequência didática que auxilie na abordagem do conteúdo por professores de Química. A pesquisa, além de conter características qualitativas, também é definida como bibliográfica. Com a realização das análises, foi possível observar que os manuais do professor aparecem em todas as coleções, com diferentes organizações, mas apresentando elementos semelhantes entre si. Dessa forma, foram criadas as categorias de análise: sobre importância dos conceitos e as possibilidades de aplicação, atividades experimentais e as estratégias de ensino. Para a categoria importância/aplicação, foram encontradas uma variedade de temas em que tal conteúdo poderia ser aplicado, demonstrando a importância do estudo do conteúdo. Para as orientações de atividades experimentais, foram identificadas dez atividades experimentais, distribuídas em seis dos sete manuais do professor. Para as estratégias de ensino, foi possível afirmar que estas foram encontradas em dois manuais distintos. Para as estratégias de ensino para polaridade das moléculas, foi possível identificar que estas consideram fatores variados para seu desenvolvimento, sendo estes divididos entre propriedades físicas das substâncias, diferença de eletronegatividade, interação intermolecular do tipo dipolo-induzido, uso de vetor e simetria de moléculas. Foram também identificadas duas outras estratégias de ensino para polaridade das moléculas (por simetria e interação intermolecular do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido). A partir dos resultados obtidos com a realização desta pesquisa, foi possível construir a SD que foi aplicada em sala de aula. Após o desenvolvimento da SD e de sua aplicação, foi desenvolvido o Produto Educacional – “Interações Intermoleculares a partir da diferença de volatilidade: uma sequência didática”, que servirá de aporte à (futuros) professores que atuam na educação básica e que tenham acesso ao material.

Palavras-chave: interações intermoleculares, livro didático, manual do professor.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the approach to the topic of intermolecular interactions in the teacher's manuals of science textbooks approved in the 2021 PNLD (National Textbook Program). Based on this survey, the goal is to develop a didactic sequence to support Chemistry teachers in addressing this content. The research, in addition to having qualitative characteristics, is also classified as bibliographic. Through the analyses, it was observed that teacher's manuals are present in all collections, with different organizations but featuring similar elements. In this way, the analysis categories were created: on the importance of concepts and the possibilities of application, experimental activities and teaching strategies. For the importance/application category, a variety of topics in which this content could be applied were identified, demonstrating the relevance of studying this subject. Regarding experimental activity guidelines, ten experimental activities were found, distributed across six of the seven teacher's manuals. As for teaching strategies, they were identified in two different manuals. In the teaching strategies for molecular polarity, it was noted that numerous factors were considered in their development, categorized into substance physical properties, electronegativity difference, dipole-induced intermolecular interaction, vector use, and molecular symmetry. Additionally, two other teaching strategies for molecular polarity were identified (by symmetry and instantaneous dipole-induced dipole interaction). Based on the results obtained in this research, the didactic sequence was developed and applied in the classroom. Following its implementation, the Educational Product – "Intermolecular Interactions Based on Volatility Differences: A Didactic Sequence" – was created. This resource is intended to support (future) teachers working in basic education who have access to the material.

Keywords: intermolecular interactions, textbook, teacher's manual.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	9
2. INTRODUÇÃO	11
3. OBJETIVOS	13
3.1. Objetivo geral.....	13
3.2. Objetivos específicos	13
4. REVISÃO DA LITERATURA	14
4.1. Livro didático.....	14
4.2. Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD).....	16
4.2.1. As investigações sobre o PNLD	18
4.3. Sobre o conceito de interações intermoleculares	21
4.3.1. As investigações sobre as Interações Intermoleculares.....	26
5. METODOLOGIA.....	29
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
6.1. Importância/Aplicação.....	36
6.2. Atividades Experimentais	39
a) Atividade experimental demonstrativa.....	39
b) Atividade experimental realizada pelo aluno	42
c) Atividade experimental sugerida em vídeo.....	45
6.3. Estratégias de ensino - interações intermoleculares	46
6.4. Estratégias de ensino - polaridade das moléculas	47
7. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	53
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA	69
APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL.....	78

1. APRESENTAÇÃO

Meu interesse pela disciplina de Química surgiu ainda no Ensino Médio, impulsionado pela afinidade que desenvolvi com os conteúdos abordados em sala de aula. Sempre me fascinou a possibilidade de compreender diversos fenômenos químicos, as reações, a formação das moléculas e, principalmente, o reconhecimento da presença da Química em situações cotidianas.

Esse interesse acabou me conduzindo ao ingresso no curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Uberlândia (UFU – Campus Pontal), no ano de 2011. Durante o primeiro ano da graduação, tive contato com o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid), voltado à atuação dos licenciandos nas escolas. O programa previa o desenvolvimento de atividades junto aos professores regentes, promovendo a vivência prática da docência antes mesmo do estágio supervisionado. Como sempre tive o sonho de ser professor, o Pibid logo me despertou interesse, por enxergar nele uma porta de entrada para a carreira docente.

Assim, iniciei como bolsista do subprojeto Pibid/Química do Campus Pontal em 2012, permanecendo no programa até 2016. As vivências proporcionadas — a presença em sala de aula, as experiências formativas e o contato com realidades escolares diversas — intensificaram minha paixão pelo ensino de Química.

Entre as atividades realizadas como bolsista, uma das obrigatórias era a análise dos livros didáticos em uso nas escolas. Essas análises resultaram na produção de artigos sobre as percepções dos professores em relação ao uso do livro didático e sobre temas específicos, como a abordagem da “regra do octeto”. A experiência bem-sucedida com esse tipo de análise influenciou diretamente a escolha do tema do meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), no qual investiguei como o conteúdo de ligações químicas era apresentado nos livros aprovados pelo PNLD 2015.

Concluí minha graduação em 2018, mas por diversos motivos não consegui dar continuidade imediata à carreira docente nem ingressar em uma pós-graduação. No entanto, mantive o desejo de cursar um mestrado voltado para o ensino de Ciências, o que se concretizou em 2022, quando fui aprovado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da UFU.

Embora ainda não estivesse atuando como professor à época, acreditava que a formação no mestrado contribuiria para abrir portas na carreira docente. Com base nas

experiências anteriores — tanto no Pibid quanto no TCC — decidi retomar o eixo da análise de livros didáticos como foco da minha pesquisa de mestrado. Surgiu, então, a proposta de investigar a abordagem do conteúdo de interações intermoleculares nos manuais do professor dos livros aprovados pelo PNLD 2021.

A escolha por esse conteúdo se deu, por um lado, pela escassez de pesquisas recentes sobre o tema e, por outro, por minha própria trajetória formativa: tive pouco contato com esse conteúdo durante a graduação e também senti dificuldade em compreendê-lo. Isso despertou a necessidade de pensar em formas mais acessíveis e significativas de ensiná-lo.

Dessa forma, além da análise dos manuais, a pesquisa contemplou a elaboração de uma sequência didática, que visa contribuir para a superação das lacunas identificadas e servir como recurso pedagógico para mim e para outros profissionais da área. O Produto Educacional “Interações Intermoleculares a partir da diferença de volatilidade: uma sequência didática”, resultante tem como propósito oferecer uma proposta prática para o ensino de interações intermoleculares, aproximando teoria e prática e colaborando para o aprimoramento do ensino de Química.

2. INTRODUÇÃO

O conteúdo de interações intermoleculares é comumente trabalhado no primeiro ano do Ensino Médio, ao serem abordados os diferentes tipos de interações: dipolo-dipolo, dipolo induzido-dipolo induzido e ligações de hidrogênio. E, no terceiro ano do Ensino Médio há também a abordagem deste conteúdo, quando são trabalhadas as propriedades físicas de compostos orgânicos.

Como o próprio nome indica, as interações intermoleculares são ações mútuas, entre duas ou mais moléculas iguais ou diferentes (Messeder Neto, Sá e Brito, 2022). Para Junqueira e Maximiano (2020, p. 106), este é “um dos conceitos centrais e estruturais dessa Ciência, por permitir a explicação e entendimento da natureza da matéria, suas transformações e propriedades, objeto que define a própria ciência Química”. De acordo com Zambelli (2022), este conteúdo é indispensável para com a ciência, uma vez que as interações estão presentes em todos os fenômenos da natureza. Para Seribeli (2021), as interações intermoleculares são de suma importância, uma vez que a existência de grande parte dos materiais se dá nas fases sólidas e líquidas. Tais interações estão também presentes em muitos fenômenos do cotidiano, como as interações medicamentosas até o tingimento de fibras, sendo um ponto crucial para o entendimento das propriedades dos materiais, representando ainda um vasto campo de conhecimento (Coelho, 2020). Seribeli e Maximiano (2022, p. 261) afirmam ainda que o estudo deste conteúdo é importante “por conectar os universos atômico-molecular e macroscópico.”

De acordo com Seribeli (2021), não fica explícito aos estudantes a possibilidade de existência de variados tipos de interações intermoleculares em um único sistema, que juntos irão contribuir para um somatório da energia de interação total formada. Porém, Junqueira (2017) e Fernandes (2020) apontaram a existência de poucos trabalhos que analisavam as dificuldades dos estudantes sobre este conceito; dentre eles, a pesquisadora verificou que a maioria aponta a confusão entre ligação química e interação intermolecular, assim como não conseguem diferenciar os tipos de interações ou ainda de compreender as distintas intensidades das interações. Neste sentido, Pozo e Crespo (2009) apontam que este conceito é “um dos esquemas conceituais sobre os quais se assenta o conhecimento científico e um dos que traz maiores dificuldades para os alunos na aprendizagem da ciência” (Pozo; Crespo, 2009, p. 116).

Diante da importância deste conteúdo, de suas aplicações para a compreensão de diferentes fenômenos e da dificuldade para sua compreensão, surge a ideia de se investigar a abordagem das interações intermoleculares nas coleções aprovadas pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático¹ (PNLD) de 2021. Com a implementação da Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018), todas as disciplinas antes trabalhadas separadamente nos livros didáticos aprovados pelo PNLD de 2018, passaram a ser abordadas de forma interdisciplinar assim como apresentado pelo PNLD de 2021 - divididas nas áreas de conhecimento: Linguagens e suas tecnologias; Matemática e suas tecnologias; Ciências da Natureza e suas tecnologias e Ciências Humanas e sociais aplicadas.

Assim, com a implementação da BNCC, surge a necessidade de se investigar como o conteúdo de interações intermoleculares é abordado e, mais do que isso, busca-se compreender as orientações didático-pedagógicas que aparecem associadas a este conteúdo no manual do professor², presente nas coleções da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, que engloba os conteúdos de Química, Física e Biologia. Compreende-se que a realização desta investigação possibilita compreender as potencialidades na abordagem deste conteúdo a ser desenvolvida em sala de aula.

Sendo assim, neste trabalho busca-se responder à questão: quais são as abordagens teórico-metodológicas sobre as interações intermoleculares encontradas nos manuais do professor dos livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias aprovados pelo PNLD de 2021? A partir deste levantamento, busca-se elaborar uma sequência didática que auxilie na abordagem do conteúdo por (futuros) professores de Química, podendo assim fazer adaptações de acordo com as necessidades de suas turmas.

¹ O Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) é mantido pelo governo federal e compreende um conjunto de ações voltadas para a distribuição de obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, destinados aos alunos e professores das escolas públicas de educação básica do País. As escolas recebem materiais de forma sistemática, regular e gratuita. Trata-se, portanto, de um Programa abrangente, constituindo-se em um dos principais instrumentos de apoio ao processo de ensino-aprendizagem nas escolas beneficiadas (Brasil, 2022).

² O manual do professor “funciona como recurso didático que visa a contribuir com a formação continuada do professor para orientar e inspirá-lo nas práticas pedagógicas em sala de aula e servir como suporte à superação dos desafios que surgem na abordagem do conteúdo” (Brasil, 2024).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Desenvolver uma sequência didática a partir da análise da abordagem do conteúdo de interações intermoleculares nos manuais do professor presentes nos livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias aprovados no PNLD 2021.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar quais livros aprovados pelo PNLD de 2021 da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias abordam as interações intermoleculares em seus respectivos manuais do professor;
- Analisar as possíveis orientações didáticas contidas no manual do professor, que abordem ou que estejam relacionadas ao conteúdo de interações intermoleculares;
- Elaborar uma sequência didática a ser aplicada na escola, que possa contribuir para a prática docente nas aulas de Química.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Livro didático

De acordo com Brandão (2013), o livro didático ainda assume um papel de grande importância para o desenvolvimento do processo de ensino aprendizagem atuais, mesmo havendo uma grande variedade de outros materiais e recursos tecnológicos. Miranda (2009) afirma que o livro didático é bastante utilizado nas dinâmicas da escola, definindo não apenas o conteúdo, mas também a metodologia a ser utilizada em sala de aula.

Silva (2020) destaca a importância do livro didático para o processo de ensino e aprendizagem,

[...] é dado como um instrumento de suporte pedagógico que permite contemplar as habilidades e competências dos conteúdos, bem como organizar o currículo escolar, planejar aulas, ter um material de consulta para os alunos e professores e possibilitar acesso e a construção do conhecimento, além de existirem políticas públicas que se referem aos currículos e aos planejamentos escolares. (Silva, 2020, p. 24).

Devido essa importância, vários trabalhos foram publicados com pesquisas que abordavam uma variedade de temas relacionados à análise de livros didáticos. Dentre elas estão: Kato (2014), Santos (2017), Engelmann (2017), Jesus (2018), Farias (2018), Coelho (2020), Messias Júnior (2020), entre outros.

Na pesquisa realizada por Kato (2014), foi feita uma investigação da forma como o livro didático era utilizado por professores e alunos do primeiro ano do Ensino Médio de escolas públicas estaduais de um município do estado do Paraná. Para isso, a autora, através da aplicação de uma pesquisa qualitativa, observou, de maneira participativa, cinco turmas de primeiro ano do Ensino Médio. Foram realizadas também entrevistas com cinco professores e vinte alunos. Como alguns dos principais resultados obtidos por tal pesquisa, foi constatado que o livro é um recurso utilizado pelos professores para o planejamento e a organização do trabalho pedagógico. Sua utilização se baseia no acompanhamento das explicações do conteúdo, na resolução de exercícios, cópia de algum conteúdo e ainda para a observação de figuras e gráficos.

Santos (2017), desenvolveu um trabalho tendo como objetivo a análise dos livros didáticos de química do Ensino Médio com o intuito de ser feito um levantamento das

principais abordagens sobre tecnologia. Para isso foram realizadas análises em trabalhos de pesquisa encontrados em periódicos brasileiros da área de ensino de ciências, documentos “orientadores” oficiais, editais de seleção, guias de livros didáticos e ainda as coleções de livros didáticos aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático de 2015. Como resultado, o autor afirma que há contradições entre as concepções de tecnologia presentes nos livros e aquelas contidas em documentos oficiais.

No trabalho desenvolvido por Engelmann (2017), foram analisadas as percepções de estudantes em torno das imagens de cientista e história da ciência em livros didáticos de química, aprovados pelo Programa Nacional de Livros Didáticos de 2015. Para isso, a autora realizou uma seleção de todas as imagens de cientistas juntamente com suas abordagens históricas presentes em quatro livros didáticos de primeira série do Ensino Médio. Os resultados desta pesquisa apontaram que os estudantes perceberam características gerais da imagem e dos elementos textuais sobre história da ciência. Foram também percebidos pelos estudantes aspectos relacionados à exposição do cientista no livro didático.

Já na pesquisa feita por Jesus (2018), foi realizada uma análise da qualidade dos questionamentos presentes no primeiro volume dos livros didáticos de química aprovados no PNLD de 2015 e de 2018. Como resultado, foi afirmado que tais livros contêm questionamentos ao final de suas seções. Já em relação à qualidade, a autora afirma que esta é considerada baixa, sendo em sua maioria questionamentos informativos ou de exploração.

Farias (2018) desenvolveu sua pesquisa tendo como objetivo a investigação da relação professor-livro didático com o intuito de entender como e se os professores de química utilizavam os livros didáticos aprovados no PNLD 2015. A autora também investigou a relação aluno-livro didático, observando como e se tais alunos faziam uso deste instrumento dentro e fora da sala de aula. Através da realização de uma pesquisa qualitativa, foram feitas: uma análise documental com as quatro coleções do PNLD 2015-Química; entrevista com os professores de química em exercício que atuavam na rede pública de ensino; aplicação de questionário a professores e estudantes do ensino médio. Como resultado das análises das entrevistas e questionários, foi reforçada a ideia de que a contextualização é tida como exemplificação. Já para os alunos, a principal função do livro didático estava relacionada ao entendimento de conteúdos conceituais.

No trabalho realizado por Coelho (2020), foram analisadas como as Interações Intermoleculares eram abordadas nos livros didáticos de Química do Ensino Médio, aprovados pelo PNLD de 2012, 2015 e 2018 e ainda nas questões do Exame Nacional do Ensino Médio de 2012 a 2019. Como conclusão, a autora afirmou que os livros didáticos e as questões do Exame Nacional do Ensino Médio se alinhavam em alguns aspectos na abordagem do conteúdo investigado, mas o livro didático representava a principal fonte de estudo para os estudantes, sendo ainda ferramenta de preparação para o Exame.

Na pesquisa feita por Messias Júnior (2020), foi realizado um levantamento da estrutura conceitual do tema interações intermoleculares presente em um livro didático de Ensino Superior, analisando-a de acordo com métricas de análise de rede. O autor também buscou identificar conteúdos conceituais no texto. Como conclusão, foi apresentado que as métricas de análise de rede foram úteis para a análise da estrutura conceitual do tema, fornecendo informações centrais que poderiam ajudar na compreensão e ainda facilitar o processo de aprendizagem de conceitos por parte dos estudantes.

4.2. Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD)

O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) teve sua criação no ano de 1985, partindo da proposta de universalização e melhoria do ensino de 1º grau, necessidade de promover a valorização do magistério com a participação do professor na escolha do livro e ainda o objetivo de redução de gastos familiares com a educação (BRASIL, 1985).

O PNLD foi implementado através do Decreto-Lei nº 91.542, que decretara

Art. 1º. Fica instituído o Programa Nacional do Livro Didático, com a finalidade de distribuir livros escolares aos estudantes matriculados nas escolas públicas de 1º Grau. Art. 2º. O Programa Nacional do Livro Didático será desenvolvido com a participação dos professores do ensino de 1º Grau, mediante análise e indicação dos títulos dos livros a serem adotados. § 1º A seleção far-se-á escola, série e componente curricular, devendo atender às peculiaridades regionais do País. § 2º Os professores procederão a permanentes avaliações dos livros adotados, de modo a aprimorar o processo de seleção. Art. 3º. Constitui requisito para o desenvolvimento do Programa, de que trata este Decreto, a adoção de livros reutilizáveis. § 1º Para os efeitos deste artigo, deverá ser considerada a possibilidade da utilização dos livros nos anos subsequentes à sua distribuição, bem como a qualidade técnica do

material empregado e o seu acabamento. § 2º A reutilização deverá permitir progressiva constituição de bancos de livros didáticos, estimulando-se seu uso e conservação. (Brasil, 1985).

De acordo com Albuquerque e Ferreira (2019), o Ministério da Educação (MEC) passou a estabelecer critérios de avaliação deste material apenas a partir do ano de 1996, sendo estes de ordem conceitual, política e ainda isentos de preconceito, discriminação e proselitismo político e religioso. Desde então:

Os livros inscritos no programa passaram a ser submetidos a um trabalho de análise e avaliação pedagógica, realizado por um grupo de pesquisadores e professores de instituições universitárias e de redes públicas de ensino, aos quais cabe a tarefa de estabelecer critérios, julgar a qualidade e recomendar/ excluir os manuais didáticos a serem usados no Ensino Fundamental. Os livros didáticos são avaliados a cada três anos e, aqueles recomendados para serem usados pelos professores, passam a compor o Guia de Livros Didáticos, que auxiliam os docentes na escolha dos livros. (Albuquerque, Ferreira, 2019, p. 253).

A partir do Decreto nº 9.099, de 18 de julho de 2017, o PNLD passou a significar Programa Nacional do Livro e do Material Didático, devido iniciar também a distribuição de obras literárias (Brasil, 2017). O programa tem como principais funções a avaliação e distribuição gratuita de obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre uma variedade de outros materiais que são subsídios para o exercício pedagógico (Brasil, 2018).

Devido ao currículo do Ensino Médio ter começado a integrar a BNCC com a implementação da Lei nº 13.415/2017, o PNLD 2021 foi o primeiro deste segmento a apoiar esta inserção, uma vez que distribui obras alinhadas com as propostas da BNCC, seguindo na perspectiva das competências e habilidades por ela descritas. As obras didáticas que são divididas por áreas do conhecimento, são compostas pelo livro do estudante e manual do professor impressos, material digital do estudante, coletânea de áudios e, facultativamente, pelo videotutorial. Cada coleção das obras aprovadas inclui seis volumes do livro do estudante.

De acordo com o Guia Digital do PNLD (BRASIL, 2021), o material didático contido em tais obras é desenvolvido a partir de uma aprendizagem interdisciplinar, a fim de que se consiga aprimorar a visão de mundo dos estudantes. A partir dessa abordagem:

Indivíduos compreendem que um mesmo fato ou tema pode ser observado e estudado a partir de diferentes pontos de vista, o que se torna um pilar para a construção do pensamento crítico, capaz de questionar as informações, apurar sua veracidade e aceitar que pode

existir mais de uma resposta para uma mesma pergunta. A transversalidade entre as disciplinas estimula os estudantes a pensar por si próprios, usando sua autonomia para enxergar soluções diferenciadas para velhos problemas – o que leva à inovação. Com criatividade, autonomia e curiosidade, cada indivíduo se sente seguro para elaborar seu repertório e utilizá-lo na descoberta de respostas inovadoras. (Brasil, 2021, p. 18).

O processo de escolha das obras aprovadas é então orientado pelo Guia Digital do PNLD (2021), que direciona a seleção para que seja realizada de acordo com o projeto político pedagógico de cada escola, defendendo o “desenvolvimento dos estudantes e o fortalecimento da esperança de um Brasil mais justo” (Brasil, 2021, p. 15). Como forma de auxiliar nessa escolha, o guia contém diversas resenhas que possuem o intuito de apresentar os conteúdos, princípios, fundamentos teóricos e as propostas de atividades e avaliação que compõem cada obra didática. As resenhas são divididas nas seguintes seções: Visão Geral, Descrição da Obra, Análise da Obra e Em Sala de Aula.

Um dos pontos de inflexão introduzidos pelo PNLD 2021 foi a unificação dos livros didáticos das disciplinas de Química, Física e Biologia em volumes integrados sob o componente de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Essa mudança representa uma ruptura em relação às edições anteriores do programa, nas quais os livros eram organizados por área específica. A nova configuração tem exigido um esforço de reorganização pedagógica por parte das redes de ensino e das(os) docentes, sobretudo porque os conteúdos específicos de cada disciplina, muitas vezes, aparecem diluídos ou distribuídos de maneira não uniforme ao longo das coleções. Isso pode dificultar a articulação entre o material didático e os planos de ensino construídos a partir das diretrizes curriculares, especialmente quando se busca uma abordagem que respeite as especificidades epistemológicas e metodológicas de cada área. Diante disso, torna-se relevante considerar como as mudanças no formato dos livros podem impactar a prática pedagógica, o planejamento curricular e a própria identidade das disciplinas no contexto da educação básica.

4.2.1. As investigações sobre o PNLD

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas com foco na análise dos livros didáticos adotados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD).

Esses estudos abordam diferentes aspectos dos materiais, como seus critérios de avaliação, conteúdos formativos e ideológicos, propostas metodológicas e até os impactos do programa sobre indicadores educacionais. A seguir, os trabalhos são organizados em quatro eixos principais: (1) políticas públicas e critérios de avaliação (Albuquerque e Ferreira, 2019)), (2) propostas formativas e conteúdos ideológicos (Sampaio, 2022 e, Bezerra, 2022), (3) abordagens didáticas e conceituais nas áreas de Ciências e Química (Gama, 2021, Germano, 2022 e Xavier, 2022)e (4) impactos do PNLD sobre indicadores educacionais (Gomes, 2022).

Na pesquisa desenvolvida por Albuquerque e Ferreira (2019), foi feita uma análise das mudanças nos critérios de avaliação dos livros didáticos de alfabetização submetidos a diferentes edições do PNLD e de como tais mudanças influenciaram tanto a produção dos materiais quanto o uso que os professores fazem deles. Os autores evidenciam que as transformações observadas nos livros estão diretamente relacionadas às alterações nos critérios de avaliação estabelecidos pelo programa, o que resulta em diferentes estratégias de uso por parte das(os) docentes.

O trabalho realizado por Sampaio (2022) teve como objetivo analisar o projeto de formação escolar e social contido nos livros da área de Projeto de Vida aprovados no PNLD 2021, bem como identificar as aprendizagens veiculadas por esses materiais. Como conclusão, o autor afirma que tais livros atuam como dispositivos psico-políticos alinhados à retórica neoliberal, ancorada em valores como a meritocracia, o individualismo e a despolitização social.

Nesse mesmo eixo, Bezerra (2022) realizou uma análise sobre como os livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do PNLD 2021 abordam a relação entre Ciência e Religião no contexto da Educação Básica. O autor conclui que as obras analisadas buscaram estabelecer uma relação de respeito e valorização da diversidade cultural, em conformidade com os princípios orientadores da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Na pesquisa de Gama (2021), foi realizada a identificação e discussão das concepções de interdisciplinaridade presentes em cinco coleções de livros didáticos de Ciências da Natureza, aprovadas no PNLD 2020 e destinadas aos anos finais do Ensino Fundamental. O autor conclui que, embora exista um enfoque metodológico voltado para atividades interdisciplinares, também se observam propostas que, embora apresentadas como interdisciplinares, possuem características mais próximas da multidisciplinaridade, indicando limitações conceituais e metodológicas nesse aspecto.

O estudo desenvolvido por Germano (2022) investigou como os livros selecionados pelo PNLD 2018 trazem atividades baseadas na resolução de problemas e quais as possibilidades de utilizar esses problemas para implementar a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no ensino de Química, especificamente em escolas públicas estaduais da cidade de Bonito-PE. A análise apontou a necessidade de que os livros didáticos favoreçam de forma mais efetiva a inserção da ABP, com o uso de metodologias que promovam a centralidade do(a) estudante no processo de aprendizagem.

Por sua vez, Xavier (2022) realizou uma caracterização dos livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio aprovados pelo PNLD 2021 que apresentam conteúdos de Astronomia. A pesquisa considerou também as habilidades específicas de Ciências da Natureza previstas na BNCC. Além da análise dos livros de 2021, foi feita uma comparação com coleções do PNLD 2018, permitindo identificar convergências e divergências entre os materiais. A partir da análise, o autor constatou que os temas de Astronomia não são apresentados de forma uniforme, havendo, na edição mais recente, uma redução na abordagem de alguns assuntos — atribuída à junção das disciplinas — mas também o surgimento de novos elementos, como a discussão sobre o surgimento e desenvolvimento de vida fora da Terra.

A pesquisa de Gomes (2022) teve como objetivo avaliar o impacto do PNLD na taxa de abandono escolar no Brasil. A autora identificou que o programa tem o efeito esperado de reduzir tal taxa, especialmente quando associado a outros elementos da infraestrutura escolar, como a presença de laboratório de informática e biblioteca. Esses fatores, em conjunto, contribuem para melhores condições de permanência das(os) estudantes na escola, reforçando o papel do PNLD no enfrentamento das desigualdades educacionais.

A partir do conjunto de estudos apresentados, é possível perceber que o PNLD vem sendo abordado sob diferentes perspectivas no campo da pesquisa educacional, abrangendo desde discussões sobre políticas públicas e critérios técnicos de avaliação, até reflexões sobre os conteúdos formativos, as abordagens didáticas e os impactos do programa nos processos de ensino e aprendizagem. Essa diversidade de enfoques revela a complexidade do programa e a centralidade dos livros didáticos na organização curricular da escola básica. Ao mesmo tempo, aponta para a necessidade de aprofundar investigações que considerem o PNLD em articulação com o cotidiano escolar, os contextos de uso dos materiais e os sentidos que professoras(es) e

estudantes atribuem a esses recursos, ampliando o olhar para além da análise técnica dos livros.

4.3. Sobre o conceito de interações intermoleculares

Buscando entender o significado do termo “interações intermoleculares”, Messeder Neto e colaboradores (2022, p. 57) afirmam que “o prefixo inter, que compõe as duas palavras, significa *entre*. Assim, inter+ação significa *ação mútua*, entre *dois ou mais corpos* e inter+moleculares significa entre moléculas”. Junqueira e Maximiniano (2020, p. 106) destacam que “a compreensão de que enquanto as ligações químicas unem os átomos em uma molécula e constituem a base para a definição das propriedades químicas, as interações intermoleculares influenciam as propriedades físicas da matéria”. Por isso, Seribeli (2021) afirma que as interações intermoleculares representam a ocorrência de atração ou repulsão entre as moléculas, não havendo rompimento ou surgimento de novas ligações químicas.

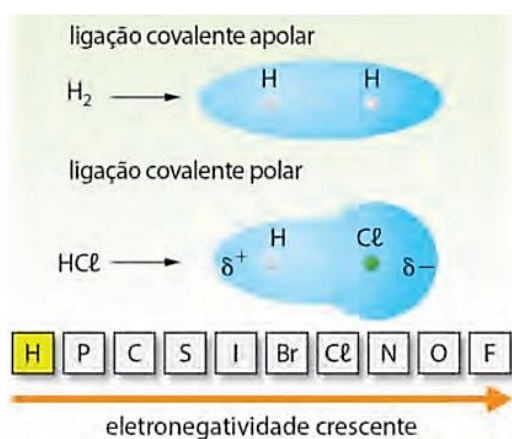
Assim, para a busca do entendimento do significado das interações intermoleculares, Bettelheim e colaboradores (2016) afirmam que grande parte das propriedades físicas, como por exemplo o ponto de fusão, ebulição e viscosidade das moléculas, são determinadas por este tipo de interação. De acordo com Chang (2010), o comportamento não ideal dos gases e a existência dos estados líquidos e sólidos da matéria, são explicados por tais interações, onde sua existência ocorre entre moléculas polares, entre íons e moléculas polares e entre moléculas apolares. Além disso, a “atração global entre as moléculas pode ter contribuições de mais do que um tipo de interação, dependendo do estado físico da substância, da natureza das ligações químicas e dos elementos presentes” (Chang, 2010, p. 378).

Considerando a forma como os livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias utilizados no Ensino Médio definem as interações intermoleculares, temos que, de acordo com Godoy e colaboradores (2020), as interações são explicadas a partir do conceito de polaridade das moléculas. Tendo como exemplo de molécula polar a molécula de ácido clorídrico (HCl) e apolar a molécula de hidrogênio (H₂), como pode ser observada na Figura 1, as moléculas se dispõem de acordo com suas densidades eletrônicas.

Sendo assim, Godoy; Agnolo; Melo (2020) utiliza deste exemplo para definir a polaridade das moléculas:

Na molécula do ácido clorídrico (HCl), por exemplo, o átomo de cloro é mais eletronegativo do que o de hidrogênio e atrai os elétrons da ligação com maior intensidade, formando um polo negativo (δ^-) ao seu redor. Simultaneamente, forma-se também um polo positivo (δ^+) na região oposta da molécula, que fica com menor densidade eletrônica. Moléculas com dois polos, ou dipolos, como o ácido clorídrico, são polares. Nas moléculas em que não há formação de dipolos, como o gás hidrogênio e o gás carbônico, os elétrons ficam distribuídos de maneira homogênea, e elas são classificadas como apolares. No caso do gás hidrogênio, não há diferença de eletronegatividade entre os átomos. No caso do gás carbônico, em que há diferença, a polaridade de uma ligação anula a da outra, o que torna a molécula como um todo apolar (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p. 82).

Figura 1 – Molécula apolar de H_2 e molécula polar de HCl com suas respectivas densidades eletrônicas



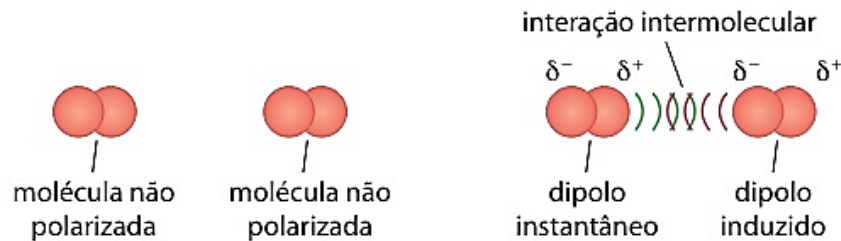
Fonte: (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p. 82)

De acordo com Silva (2022, p. 29) “as interações intermoleculares são apresentadas aos estudantes do Ensino Médio divididas, basicamente, em três tipos: atração dipolo-dipolo ou dipolo permanente, ponte de hidrogênio ou ligação hidrogênio e atração dipolo induzido”. Chang (2010) explica estas interações como:

Forças do tipo dipolo-dipolo, dipolo-dipolo induzido e forças de dispersão constituem o que os químicos chamam de forças de van der Waals [...]. Os íons e os dipolos atraem-se mutuamente por forças eletrostáticas denominadas forças íon-dipolo, que não são forças de van der Waals. A ligação de hidrogênio é um tipo de interação dipolo-dipolo particularmente forte. Uma vez que apenas alguns elementos podem participar na formação desse tipo de ligação. (Chang, 2010, p. 378).

A interação do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido ocorre através da aproximação de moléculas apolares, que induz à formação de dipolos instantâneos devido a repulsão da nuvem eletrônica, provocando um deslocamento de elétrons para a região contrária (Thompson et al., 2020). Santos (2020) apresenta o efeito desta interação utilizando a figura 2, tendo como exemplo a molécula do gás oxigênio (O_2).

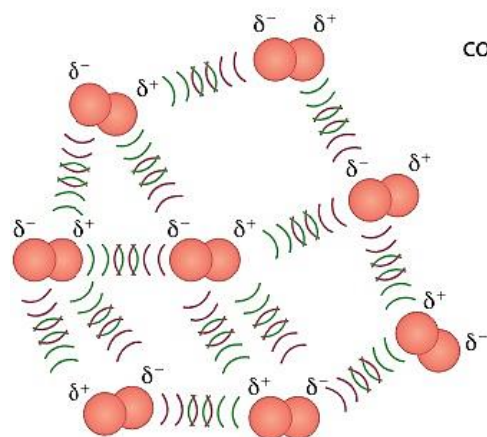
Figura 2 – Efeito da interação intermolecular dipolo instantâneo-dipolo induzido com a molécula de O_2



Fonte: (Santos, 2020, p. 26)

Ainda de acordo com Santos (2020, p. 26), “a criação de um dipolo instantâneo na molécula de oxigênio cria um efeito cascata de criação de dipolos induzidos em outras moléculas do gás”. Tal efeito é demonstrado pelo autor através da utilização da figura 3.

Figura 3 – Representação de “efeito cascata” de criação de dipolos induzidos em outras moléculas de O_2



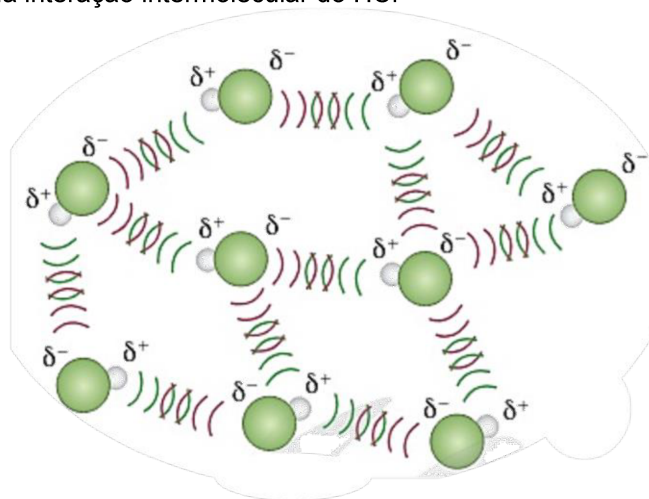
Fonte: (Santos, 2020, p. 26)

Outro tipo de interação que ocorre entre as moléculas denomina-se como dipolo permanente-dipolo permanente. Santos (2020) explica:

A ocorrência de tais interações ocorrem entre moléculas polares, as quais não apresentam distribuição uniforme de suas cargas. Essa distribuição assimétrica de cargas é responsável pela formação de dipolos elétricos permanentes, o que faz surgir atração eletrostática ($\delta^+ \leftrightarrow \delta^-$) permanente entre os caracteres parciais contrários de seus dipolos elétricos, atraindo suas moléculas polares. Nessa interação, o átomo mais eletronegativo de uma molécula é atraído pelo átomo menos eletronegativo de outra, de modo similar ao que vimos na interação de tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido. (Santos, 2020, p. 26).

Santos (2020) também apresenta a demonstração da representação da interação intermolecular do HCl, através da figura 4.

Figura 4 – Representação da interação intermolecular do HCl

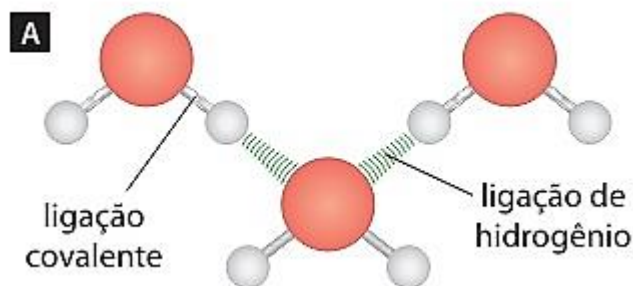


Fonte: (Santos, 2020, p. 26)

A última dos três tipos de interações intermoleculares que pode ocorrer entre as moléculas é denominada como ligações de hidrogênio, que é “um caso particular de interação dipolo permanente-dipolo permanente” (Thompson et al., p.123). Santos (2020) define este tipo de interação da seguinte forma:

As ligações de hidrogênio são interações intermoleculares de alta intensidade. Para fins de estudo, em geral, as ligações de hidrogênio ocorrem em moléculas que apresentam um átomo de hidrogênio ligado a um átomo de flúor (F), de oxigênio (O) ou de nitrogênio (N), os quais são os elementos químicos com maior eletronegatividade. Essas ligações/interações ocorrem quando há atração entre o átomo de hidrogênio (δ^+) de uma molécula e um átomo de flúor, oxigênio ou nitrogênio (δ^-) de outra molécula. (Santos, 2020, p. 27).

Figura 5 – Representação das ligações de hidrogênio que ocorrem entre moléculas de água



Fonte: (Santos, 2020, p. 27)

Ainda de acordo com Santos (2020), a molécula de água é tida como um bom exemplo para seu estudo, uma vez que mesmo sendo pequena, apresenta alta polaridade, fazendo com que interaja fortemente formando interações do tipo ligações de hidrogênio com as moléculas em seu entorno. O autor utiliza da figura 5 para demonstrar este tipo de interação.

Mesmo com as ligações de hidrogênio sendo apresentadas como um terceiro tipo de interação intermolecular em livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias utilizados no Ensino Médio, Messeder Neto e colaboradores (2022) afirmam que tal classificação não é correta, havendo assim apenas dois tipos de interações. Os autores afirmam que

[...] utilizaremos o conceito adotado pela International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) que amplia a ligação de hidrogênio para todo dipolo-dipolo com polo positivo no átomo de hidrogênio. Assim, independentemente do tipo de classificação adotado, é importante ressaltar que *a ligação de hidrogênio é um tipo de interação dipolo-dipolo e não um terceiro tipo de interação intermolecular*. (Messeder Neto; Sá; Brito, 2022, p. 69).

Apesar deste argumento ter respaldo na IUPAC, a afirmativa apresentada por Herbst e Monteiro Filho (2019, p. 11) de que “apesar de sua peculiaridade entre as interações intermoleculares, há um consenso entre os químicos de que as ligações de hidrogênio não podem ser classificadas como ligações covalentes genuínas, uma vez que são ‘apenas interações’”, é válida.

4.3.1. As investigações sobre as Interações Intermoleculares

Ao se pesquisar teses e dissertações relacionadas ao ensino do conteúdo de interações intermoleculares, observa-se um número relativamente pequeno de trabalhos voltados especificamente ao Ensino Médio. Grande parte das pesquisas identificadas concentra-se no Ensino Superior ou em análises de materiais didáticos, o que evidencia uma lacuna na produção acadêmica voltada para o contexto escolar. A seguir, os trabalhos foram organizados em quatro eixos principais: intervenções didáticas no Ensino Médio, abordagens no Ensino Superior, análises de materiais instrucionais e estudos sobre níveis de representação.

Alguns trabalhos desenvolvidos em escolas exploram propostas didáticas diretamente com estudantes do Ensino Médio. Mota (2012) investigou a elaboração de mapas conceituais e a resolução de problemas sobre interações intermoleculares com estudantes do 1º ano. Com base na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, a pesquisa indicou que, embora os instrumentos apresentassem baixa correlação estatística entre si, ambos contribuíram para a estruturação cognitiva dos conceitos e identificação de dificuldades.

Souza (2015), por sua vez, desenvolveu uma sequência didática fundamentada na dialogicidade de Paulo Freire e na aprendizagem cooperativa, voltada a turmas do 1º ano do Ensino Médio de um curso técnico em Eletrotécnica. Os resultados apontaram que a proposta favoreceu a aprendizagem de Química e incentivou uma formação cidadã, estimulando a reflexão crítica dos(as) estudantes sobre seu papel na sociedade.

No trabalho de Santos (2020), a criação de paródias musicais foi utilizada como estratégia para o ensino das interações intermoleculares dos compostos orgânicos. Com base em autores como Vygotsky, Saviani, Libâneo e Freire, o estudo concluiu que a produção e socialização das paródias ampliaram o engajamento e favoreceram a construção do conhecimento científico.

Silva (2022) desenvolveu uma sequência didática com base em um estudo de caso envolvendo personagens que buscavam remover tinta da pele de uma criança utilizando margarina, água e sabão. A proposta buscou promover a articulação entre os níveis macroscópico, microscópico e simbólico, com apoio em princípios de Sá e

Queiroz. Os resultados sugerem que o uso de narrativas e materiais motivacionais pode favorecer a compreensão dos fenômenos químicos.

Diversas pesquisas se concentraram na formação inicial de professores e no ensino em cursos de graduação. Junqueira (2017) analisou a aprendizagem de estudantes de Química em uma disciplina de Química Geral I, relacionando suas vivências com o modo como os livros didáticos abordam as interações intermoleculares. A autora defende a superação de uma abordagem meramente classificatória, propondo um ensino voltado às propriedades e estruturas moleculares.

Fernandes (2020) investigou como a construção de imagens e visualizações pode auxiliar graduandos na compreensão das propriedades de compostos orgânicos em diferentes níveis representacionais. A pesquisa indicou que a transição entre os níveis é mais significativa para a aprendizagem do que o acesso isolado a cada um deles.

Zambelli (2022) examinou os conceitos mais valorizados por estudantes de um curso de Química ao tratar do tema das interações intermoleculares. A autora identificou que alunos ingressantes tendem a citar conceitos mais genéricos, enquanto os concluintes demonstram maior profundidade e coerência nas justificativas, evidenciando avanços conceituais ao longo da formação.

Messias Júnior (2020) analisou a estrutura conceitual das interações intermoleculares em um livro didático utilizado no Ensino Superior, empregando métricas de análise de redes. O autor destacou a centralidade das propriedades moleculares na compreensão das interações, enfatizando que todas, exceto a ligação de hidrogênio, são de natureza eletrostática. A análise de rede demonstrou-se eficaz para identificar conceitos centrais e suas conexões.

Coelho (2020) investigou a abordagem das interações intermoleculares em livros didáticos de Química aprovados nos ciclos do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (2012, 2015 e 2018). Também analisou questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) aplicadas entre 2012 e 2019. A autora concluiu que há correspondências entre os temas abordados nos livros e nas avaliações, o que reforça o papel dos livros como instrumentos relevantes tanto para a aprendizagem quanto para o preparo para o ENEM.

Algumas pesquisas destacaram a importância das representações no ensino de Química. Fernandes (2020) e Silva (2022), por exemplo, enfatizaram o papel da articulação entre os níveis macroscópico, microscópico e simbólico. Seus trabalhos

indicam que propostas didáticas que favoreçam essas conexões, por meio de imagens, narrativas ou contextos do cotidiano, podem contribuir significativamente para a aprendizagem das interações intermoleculares.

A análise das dissertações e teses revela uma produção ainda incipiente e dispersa sobre o ensino de interações intermoleculares, com poucos trabalhos voltados diretamente à realidade do Ensino Médio. Apesar de experiências relevantes com sequências didáticas e estratégias inovadoras, há uma concentração de pesquisas no Ensino Superior e em análises de materiais. Esse panorama aponta para a necessidade de se ampliar investigações que considerem os desafios e potencialidades do trabalho docente na educação básica, promovendo abordagens que favoreçam a aprendizagem significativa, o uso de múltiplas representações e a construção de conhecimentos conectados ao cotidiano dos(as) estudantes.

5. METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida neste trabalho é de natureza qualitativa. De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), neste tipo de pesquisa os pesquisadores tendem a buscar o porquê das coisas, demonstrando o que deve ser feito para se conseguir tal entendimento. As autoras ainda afirmam que, na pesquisa qualitativa, o cientista atua como sujeito e objeto de sua própria pesquisa. Segundo Bogdan e Biklen (1994), uma das principais características das pesquisas qualitativas é que os dados coletados são palavras e não números, e que os resultados da investigação apresentam transcrições e citações que serão analisadas pelo pesquisador.

O objetivo da pesquisa foi desenvolver uma sequência didática. Para isso, foram analisadas as orientações sobre a abordagem do conceito de interações intermoleculares encontradas nos manuais do professor das coleções de livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovadas no PNLD 2021. Assim, além de ter características qualitativas, esta é uma pesquisa bibliográfica. Esse tipo de pesquisa concentra-se na análise de fontes de informação escritas, como livros, artigos, monografias, teses, dissertações e outras publicações acadêmicas, com o principal objetivo de examinar o que já foi produzido sobre determinado tema, identificando teorias, conceitos, metodologias e descobertas relevantes para o estudo em questão (Severino, 2013). Destaca-se a orientação de Lima e Miotto (2007, p. 38):

Não é raro que a pesquisa bibliográfica apareça caracterizada como revisão de literatura ou revisão bibliográfica. Isto acontece porque falta compreensão de que a revisão de literatura é apenas um pré-requisito para a realização de toda e qualquer pesquisa, ao passo que a pesquisa bibliográfica implica em um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo, e que, por isso, não pode ser aleatório.

Para a realização da pesquisa bibliográfica, verificou-se que, de acordo com o Guia do PNLD Ciências da Natureza e suas Tecnologias 2021, foram aprovadas sete coleções: A) Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar (Mortimer e colaboradores, 2021); B) Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Thompson e colaboradores, 2021); C) Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Santos, 2021); D) Ciências da Natureza – Lopes & Rosso (Lopes; Rosso, 2021); E) Moderna Plus- Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Amabis e

colaboradores, 2021); F) Multiversos – Ciências da Natureza (Godoy, Agnolo e Melo, 2021) e, G) Ser Protagonista - Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Zamboni; Bezerra, 2021).

Cada coleção é organizada em seis volumes autocontidos e não sequenciais, conforme previsto no Edital do PNLD 2021. Foram analisadas, portanto, sete coleções, contendo seis volumes cada, num total de 42 volumes. As coleções foram analisadas na versão do manual do professor, em arquivos digitais (PDF), o que permitiu a localização de palavras-chave por meio de ferramentas de busca. Em cada volume, foi pesquisada a presença de descritores (palavras ou expressões) no material digital: interações intermoleculares, intermoleculares, polaridade, dipolo-dipolo, Van der Waals e ligações de hidrogênio, por estarem associadas ao conceito de interesse nesta pesquisa.

As páginas em que essas palavras estavam localizadas foram registradas para posterior leitura e análise. Ressalta-se que foram analisadas apenas as menções às interações intermoleculares presentes nas partes específicas dos manuais do professor. Por exemplo, as coleções A, F e G apresentam, nas primeiras páginas, o livro do estudante e, na sequência, o manual do professor. Já as coleções B, C, D e E trazem o manual do professor no início da obra e, ao final, o livro do estudante. Assim, as menções às interações intermoleculares que aparecem exclusivamente no livro do estudante não foram analisadas.

Uma das características desta edição do PNLD é que os volumes devem ser autocontidos, ou seja:

Os volumes não devem ser sequenciais, considerando o crescente em termos de complexidade pedagógica. Cada volume deve ser autocontido no que se refere à progressão das abordagens das habilidades e das competências específicas, assim como da articulação com as competências gerais, com os temas contemporâneos e com as culturas juvenis, conforme indicado pela BNCC (Brasil, 2019, p. 5).

Para facilitar a análise e organização das obras, foram atribuídos números sequenciais de 1 a 6 a cada volume das coleções, conforme identificado no quadro 1.

Em seguida, iniciou-se o processo de análise do material selecionado, com base nas orientações de Bardin (2011) para a análise de conteúdo. Trata-se de uma metodologia sistemática utilizada para examinar e interpretar o conteúdo de diferentes

tipos de materiais. Consiste em etapas bem definidas, amplamente utilizadas em pesquisas qualitativas.

Quadro 1: Coleções de Ciências da Natureza e suas tecnologias aprovadas no PNLD 2021

Coleção	Autores	Subtítulo	Código
Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar	Mortimer e colaboradores	Origens: o universo, a terra e a vida	A1
		Evolução, biodiversidade e sustentabilidade	A2
		Materiais, luz e som: modelos e propriedades	A3
		Materiais e energia: transformações e conservação	A4
		Desafios contemporâneos das juventudes	A5
		O mundo atual: questões sociocientíficas	A6
Conexões - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Thompson e colaboradores	Matéria e energia	B1
		Energia e ambiente	B2
		Saúde e tecnologia	B3
		Conservação e transformação	B4
		Terra e equilíbrios	B5
		Universo, materiais e evolução	B6
Diálogo - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Santos	O universo da Ciência e a Ciência do universo	C1
		Vida na Terra: como é possível?	C2
		Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia	C3
		Energia e sociedade: uma reflexão necessária	C4
		Ser humano: origem e funcionamento	C5
		Ser humano e meio ambiente: relações e consequências	C6
Ciências da Natureza – Lopes & Rosso	Lopes e Rosso	Evolução e Universo	D1
		Energia e consumo sustentável	D2
		Água, agricultura e uso da terra	D3
		Poluição e Movimento	D4
		Corpo humano e vida saudável	D5
		Mundo tecnológico e Ciências aplicadas	D6
Moderna Plus- Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Amabis e colaboradores	O conhecimento científico	E1
		Água e vida	E2
		Matéria e energia	E3
		Humanidade e ambiente	E4
		Ciência e tecnologia	E5
		Universo e evolução	E6
Multiversos – Ciências da Natureza	Godoy, Agnolo e Melo	Matéria, energia e a vida	F1
		Movimentos e equilíbrios na natureza	F2
		Elettricidade na sociedade e na vida	F3
		Origens	F4
		Ciência, sociedade e ambiente	F5
		Ciência, tecnologia e cidadania	F6
Ser Protagonista - Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Zamboni e Bezerra	Composição e Estrutura dos Corpos	G1
		Matéria e Transformações	G2
		Energia e Transformações	G3
		Evolução, Tempo e Espaço	G4
		Ambiente e Ser Humano	G5
		Vida, Saúde e Genética	G6

As etapas propostas por Bardin (2011) são: 1) Pré-análise: nesta fase inicial, o pesquisador define os objetivos da análise e estabelece categorias ou unidades de análise que serão utilizadas para classificar o conteúdo. Isso pode envolver a criação de um quadro de referência teórico ou a definição de conceitos-chave a serem explorados. 2) Exploração do material: aqui, o pesquisador imerge no material a ser analisado, realizando a leitura inicial para familiarização com o conteúdo, identificando elementos relevantes e potencialmente significativos para a questão de pesquisa. 3) Codificação: nesta etapa, o conteúdo é fragmentado em unidades de análise menores, como palavras, frases ou trechos específicos, e é atribuído um código a cada uma delas de acordo com as categorias previamente definidas. Isso permite a organização e classificação do material de acordo com os temas ou conceitos de interesse. 4) Categorização: os códigos são agrupados em categorias ou temas mais amplos, com base em semelhanças de significado ou conteúdo. Esta fase envolve a organização e reorganização dos códigos em categorias significativas que representam os principais aspectos do conteúdo analisado. 5) Interpretação e inferência: aqui, o pesquisador analisa as categorias identificadas e busca padrões, tendências ou relações significativas entre elas. Busca-se interpretar o significado subjacente do conteúdo e realizar inferências sobre as mensagens, ideias ou representações presentes no material. E, 6) Interpretação global: na última etapa, os resultados da análise são integrados e sintetizados em uma compreensão global do conteúdo. O pesquisador elabora conclusões e interpretações que respondem à questão de pesquisa e contribuem para o avanço do conhecimento na área de estudo (Bardin, 2011). Essas etapas são iterativas e podem envolver revisões e refinamentos ao longo do processo de análise, garantindo a validade e a confiabilidade dos resultados obtidos. O método de análise de conteúdo de Bardin oferece uma estrutura rigorosa para explorar e compreender o significado e a natureza do conteúdo em uma pesquisa qualitativa.

Após a pré-análise e a exploração das sete coleções, foram criados códigos que, posteriormente, deram origem às categorias de análise: atividades experimentais, comparação entre os tipos de interações, cotidiano, estratégias de ensino, importância/aplicação, modelos/animações/simulações, orientações pedagógicas e referências complementares. Todas as categorias foram associadas ao trecho do livro (copiado na íntegra) e à página correspondente. Esses dados foram organizados em tabelas, mas apenas as categorias "importância/aplicação", "atividades experimentais" e "estratégias de ensino" serão apresentadas, por serem as mais recorrentes. Além

disso, a categoria "estratégias de ensino" foi subdividida em duas: i) interações intermoleculares e, ii) polaridade das moléculas, conforme especificidade das discussões.

Com base nos resultados obtidos a partir das análises, foi elaborada a sequência didática (SD), que servirá de base para o Produto Educacional. O público-alvo do produto são professores da educação básica que atuam no ensino médio.

Durante o período da pesquisa, o autor não estava em exercício da docência. Por esse motivo, a SD foi desenvolvida e aplicada no contexto da disciplina "Prática Docente Supervisionada", obrigatória para a conclusão do curso de Mestrado Profissional.

O desenvolvimento da SD foi planejado conforme as possibilidades de aplicação. Estabeleceu-se uma parceria com uma professora de Química efetiva, responsável por turmas de 2º ano do Ensino Médio em uma escola estadual. Assim, a SD foi construída para ser aplicada em duas aulas de 50 minutos cada, em oito turmas, respeitando tanto a carga horária disponível da professora regente quanto as exigências da disciplina "Prática Docente Supervisionada".

Após a aplicação da SD, será realizada uma análise, a ser apresentada nos resultados, com destaque para as possíveis implicações e para a validade do produto educacional. Espera-se que este possa servir como aporte a futuras e futuros profissionais da área.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os manuais do professor aparecem em todas as coleções, mas tem diferentes organizações. O livro A traz o manual do professor depois do livro do estudante, dividido em duas partes: i) Orientações gerais, com o Novo Ensino Médio, a BNCC, temas contemporâneos transversais, ensino da argumentação, dentre outros; ii) Orientações específicas por capítulo, com os objetivos do capítulo, orientações didáticas, resolução e comentários das atividades de investigação e de outras seções da obra, resolução e comentários dos exercícios, atividades complementares e sugestões de leituras. Nesta pesquisa, analisou-se apenas a parte das orientações específicas dos capítulos. Já o livro B traz o manual do professor antes do livro do estudante, organizado em três partes: i) Orientações gerais, com a legislação educacional, as competências e habilidades da BNCC, os temas contemporâneos transversais e os pressupostos teóricos: contextualização e problematização, tratamento matemático e a experimentação, direitos humanos, inclusão, as tecnologias e os tipos de avaliações; ii) Orientações específicas: com os conhecimentos prévios, sugestões metodológicas, avaliação e bibliografia complementar; iii) Resoluções das atividades. Para esta pesquisa, analisou-se especificamente o item ii) com as orientações específicas das unidades. Da mesma forma, o livro C traz o “Suplemento para o professor” antes do livro do aluno, porém organizado em dez partes: i) A estrutura da coleção; ii) O ensino médio; iii) a BNCC; iv) Fundamentos teóricos-metodológicos; v) Metodologias ativas; vi) Avaliação; vii) Competências, habilidades e conteúdos desenvolvidos no volume; viii) Sugestões de cronogramas; ix) Orientações, sugestões e respostas para cada unidade e x) Referências complementares. Para esta pesquisa, a análise foi realizada no item ix) sobre as orientações para cada unidade.

No livro D também traz o “Suplemento para o professor” nas primeiras páginas, antes do livro do estudante. Este está organizado em: i) Orientações gerais sobre a Coleção, com textos sobre a BNCC, sugestões de uso e pressupostos teóricos, como contextualização, argumentação, práticas investigativas e metodologias ativas; ii) Orientações específicas por unidade, com os objetivos de aprendizagem, subsídios para o planejamento e atividades complementares e, iii) Resolução das atividades. Neste caso, as partes que foram analisadas neste trabalho localizam-se especificamente na parte ii) com as orientações específicas por unidade. O livro E traz o manual do professor antes do livro do estudante organizado em quatro partes: i)

Orientações gerais sobre a obra – com os pressupostos teórico-metodológicos, as características gerais da coleção, planejamento de aulas e referências comentadas; ii) Orientações específicas do volume – que é o foco desta análise, com metas do capítulo, sugestões didáticas e comentários – divididos em dialogando com o texto, atividade prática, atividade em grupo, aplicando conhecimento, dentre outros; iii) Resoluções das atividades finais e iv) Referências bibliográficas complementares.

O manual do professor está localizado após o livro do aluno no livro F e está organizado em cinco partes: i) proposta organizacional da coleção; ii) orientações didáticas – com fundamentação teórica sobre BNCC, competências, temas transversais, papel do professor, pensamento computacional, dentre outros; iii) orientações metodológicas – com explicações sobre a importância da diversificação das estratégias de ensino, do planejamento das aulas e da avaliação; iv) Referências bibliográficas comentadas e v) orientações específicas para este volume – que é o foco da presente pesquisa, com os conteúdos, as habilidades e competências, os objetivos a serem desenvolvidos e orientações sobre planejamento. Da mesma forma, o livro G traz o manual do professor após o livro do estudante, porém dividido em duas partes: i) fundamentação teórica-metodológica e organização da obra – com discussões sobre o Novo Ensino Médio e a BNCC, a interdisciplinaridade, o movimento CTS, questões sobre o ensino de Ciências da Natureza, como a investigação, a linguagem científica e a contextualização; organização da obra e referências comentadas e, ii) orientações e comentários específicos – que é o foco desta análise, com as justificativas, os objetivos, sugestões de cronogramas e orientações didáticas, com atividades complementares, sugestões de avaliação e respostas e comentários sobre as atividades.

Verifica-se assim que os manuais apresentam elementos semelhantes entre si. Porém, como o foco desta análise é especificamente as orientações sobre o conteúdo de interações intermoleculares, como explicado nos parágrafos anteriores, concentrou-se a atenção na análise das sessões destinadas às orientações específicas sobre os capítulos, que serão apresentadas e discutidas a seguir.

6.1. Importância/Aplicação

A partir da análise dos manuais do professor de cada um dos livros, foram identificados exemplos em que eram demonstradas a importância do estudo do

conteúdo de interações intermoleculares, através de uma variedade de temas em que tal conteúdo poderia ser aplicado. Tais exemplos foram encontrados nos livros A5, D2, D4, D6, E1, E2 e G2.

No manual do professor do livro A5, os autores apresentaram como exemplo o uso do tema “Fibras”, em um texto com o título “Conhecendo um pouco sobre as fibras”, localizado no livro do aluno. O manual indica que neste texto são apresentadas as estruturas das fibras vegetais, bem como a importância de sua ingestão para que se tenha um bom funcionamento do intestino. Mortimer e colaboradores (2020, p. 232) estabelecem como orientação didática ao professor que *“as interações intermoleculares estabelecidas entre elas e a água podem ser destacadas para auxiliar a compreensão de como atuam no organismo”*.

Nos livros D2, D4 e E1 são utilizados como exemplos, temas relacionados à Química Orgânica. Em D2, como forma de promover habilidades previstas da BNCC, Lopes e Rosso (2020, p. LXXVI) sugerem que se dê ênfase nas *“reações de obtenção dos biocombustíveis e dos polímeros, relacionando suas propriedades, aplicações e possíveis impactos ambientais com suas estruturas e interações intermoleculares”*.

Em D4 é utilizada a ocorrência de *“derramamentos de petróleo”*. Lopes e Rosso (2020) utilizam as interações intermoleculares como forma de justificar a insolubilidade do petróleo na água

[...] em derramamentos de petróleo, presume-se que esse material ficará acima da superfície da água e que não será solúvel, com base no conhecimento de sua polaridade (devido ao momento dipolar nulo), da densidade menor que a da água do mar e da insolubilidade caracterizada pelas fracas interações intermoleculares entre os hidrocarbonetos em sua composição e a água. (LOPES; ROSSO, 2020, p. LI).

Lopes e Rosso (2020) ainda sugerem em D4 que o professor tenha cuidado ao abordar as interações intermoleculares, ficando *“atento às concepções alternativas que igualam esse conceito ao de ligações químicas”* e ainda ao se considerar *“que as mudanças de fase ocorrem em consequência da quebra de ligações químicas e não pela diminuição da intensidade”* entre tais interações.

Já em E1, como exemplo utilizado para as interações intermoleculares, foi encontrado no tópico *“Referências bibliográficas complementares do volume”* a sugestão de um artigo pertencente à revista *Química Nova na Escola*, de nome *“O tênis nosso de cada dia”*. Através da utilização da confecção de tênis como exemplo, Amabis

e colaboradores (2020) afirmam que tal artigo aborda os polímeros presentes nesta produção. Dessa forma, as interações intermoleculares entre cadeias poliméricas são exploradas, havendo também a proposta de questões para discussão.

Outros temas encontrados nos manuais dos professores que apontaram como exemplo a aplicabilidade das interações intermoleculares, foram: determinação da concentração de etanol na gasolina (D6); anatomia e fisiologia das plantas (E2); interação entre fármacos e alvos moleculares bioquímicos (E2) e processos em curso em um copo de água (G2).

Dando ênfase ao primeiro exemplo apresentado em E2, ao indicar que a importância das interações intermoleculares na solubilidade será trabalhada em capítulos posteriores, os autores sugerem que o professor faça uma ligação com a capítulo “*Anatomia e fisiologia das plantas*” contido no livro. Amabis e colaboradores (2020) afirmam que as forças de coesão da água são importantes para sua ascensão nos vasos condutores de seiva mineral em plantas

[...] se não existissem as intensas forças de coesão na água líquida, ela não ultrapassaria uma altura de aproximadamente 10 metros nos vasos condutores (pois uma coluna de água com essa altura seria o máximo suportado pela pressão atmosférica ao nível do mar). Contudo, devido às intensas forças de coesão existentes na água líquida (ligações de hidrogênio), é possível a existência de árvores que chegam a até por volta de 160 metros de altura (é o caso das sequoias mais altas). (AMABIS et al., 2020, p. XXXII).

Já para o exemplo encontrado em G2, os autores sugerem ao professor para que este retome os conceitos de interações intermoleculares e equilíbrio químico ao se fazer a construção de um modelo molecular relativo aos processos em curso em um copo de água. Estas sugestões são apresentadas como orientações para se trabalhar o tópico “*Equilíbrio iônico e produto iônico da água*”. Zamboni e Bezerra (2020) apresentaram as orientações a serem seguidas para o desenvolvimento de tal exemplo

Leve os alunos a perceber que, no sistema estudado, alguns átomos de hidrogênio estão interagindo com duas moléculas de água simultaneamente (ligações de hidrogênio) e que, nesse caso, há duas possibilidades de evolução: quebra da ligação intermolecular ou quebra da ligação intramolecular de uma das moléculas de água e formação de H_3O^+ e OH^- . Da mesma maneira, o oposto também pode ocorrer: H_3O^+ e OH^- podem se ligar novamente e formar duas moléculas de H_2O ; portanto, existe um equilíbrio de ionização das moléculas de água dependente da rapidez com que ocorrem a quebra e a formação das ligações intramoleculares. (ZAMBONI; BEZERRA, 2020, p. 237).

Para os exemplos apresentados em D6 e no segundo exemplo pertencente ao manual do professor do livro E2, a possibilidade da aplicação das interações intermoleculares são apenas citadas, não havendo a descrição pelos autores de como desenvolver o uso de tais exemplos.

6.2. Atividades Experimentais

Após as análises dos manuais do professor de cada um dos livros aprovados pelo PNLD 2021, foram identificadas dez atividades experimentais que estavam relacionadas ao conteúdo de Interações Intermoleculares. Tais atividades foram classificadas de acordo com as seguintes categorias: *Atividade experimental demonstrativa*; *Atividade experimental realizada pelo aluno* e *Atividade experimental sugerida em vídeo*.

a) Atividade experimental demonstrativa

A partir das análises realizadas, foram identificadas três atividades experimentais que continham o direcionamento para serem aplicadas pelo professor e não desenvolvidas pelos alunos. Tais atividades estavam localizadas nos livros C2, C3 e E2.

Os experimentos demonstrativos apresentados pelos manuais do professor dos livros C2 e C3, traziam os mesmos materiais a serem utilizados: *copos com água/água e gelo*. Em C2, a demonstração a ser feita pelo professor era a do enchimento de um copo com água até um pouco acima de sua borda, para que os estudantes observassem o que iria ocorrer e fizessem comparações com a imagem de um inseto mostrada no livro do aluno, a fim de que explicassem o ocorrido. O manual do professor não apresenta as possíveis observações ou colocações que os alunos poderiam ter com tal comparação. Vale ressaltar a sugestão apresentada pelos autores, de que tal experimento deveria ser realizado caso o professor julgasse necessário.

Já em C3, o manual do professor traz como orientação a realização de uma atividade experimental a fim de se demonstrar os “eventos” observados em uma figura contida no livro do estudante. As orientações apresentadas trazem de forma completa, a descrição para a realização de todo o experimento, bem como a percepção que se

espera que os estudantes tenham de que as mudanças no estado de agregação ocorrem de acordo com as interações intermoleculares. A atividade experimental era então descrita da seguinte forma:

Providencie três copos transparentes, cubos de gelo e água à temperatura ambiente. No primeiro copo, coloque cubos de gelo, até enchê-los; no segundo, coloque cubos de gelo até a metade do copo e complete com a água líquida; no terceiro copo, coloque somente água à temperatura ambiente. • Questione os estudantes sobre o que acontecerá com a água nas situações apresentadas e por quê. Pergunte qual é o fator capaz de alterar os estados de agregação da matéria. Averigue se os estudantes relacionam as mudanças de temperatura à alteração dos estados de agregação. Peça aos estudantes que relacionem os conteúdos apresentados nas páginas 44 e 45 ao ciclo hidrológico, trabalhado no capítulo anterior. É importante que os estudantes percebam que, ao longo do ciclo, a água se apresenta sob diferentes estados de agregação; logo, para que o ciclo ocorra, é necessário que ocorram as mudanças de fase. • É importante que os estudantes percebam que as mudanças no estado de agregação ocorrem de acordo com a intensidade das interações intermoleculares. As ligações químicas não são alteradas, já que as moléculas permanecem as mesmas, mas as interações que mantêm as moléculas próximas se alteram. (Santos, 2020, p. LIII).

Em análise do manual do professor do livro E2, é sugerida como atividade complementar e demonstrativa a realização do experimento “*Chafariz de amônia com materiais do dia a dia: uma causa inicial... quantos efeitos?*”, que faz parte de um artigo da revista *Química Nova na Escola* e que permite que os estudantes elaborem hipóteses relacionadas aos modelos de formação de soluções. A referência desta atividade é apresentada pelo manual, juntamente com o indicativo de que o artigo descreve um experimento para demonstrar vários fenômenos relacionados ao experimento “chafariz de amônia”. A realização de tal atividade é sugerida de maneira demonstrativa devido a periculosidade de um dos reagentes empregados (NaOH) e do gás produzido (NH₃), assim como descrito no manual do professor.

O que se espera com a realização de tal experimento é descrito pelos autores

Os estudantes podem elaborar hipóteses fundamentadas na solubilidade da amônia em água, que se deve ao estabelecimento de ligações de hidrogênio entre o soluto e o solvente. Podem também considerar que a fração da amônia dissolvida que se ioniza produz íons (amônio e hidróxido) que também são muito eficientemente solvatados pela água devido à formação de ligações de hidrogênio. (Amabis et al., 2020, p. LI).

A atividade experimental sugerida pelo manual do professor do livro E2, utiliza materiais alternativos para sua realização. Tais materiais podem ser escolhidos de acordo com o conteúdo a ser trabalhado, dependendo ainda da realidade pertencente à comunidade escolar (Flora, 2012).

Outro tipo de atividade experimental encontrada nos manuais do professor a partir das análises realizadas, foram aquelas que poderiam ser desenvolvidas sem o uso de qualquer tipo de material.

No livro D2, foi apresentado como exemplo um experimento “fictício”, onde se pedia que fosse colocada água líquida em um balão fechado, sendo adicionada em seguida uma fonte de calor. Os autores não apresentaram nenhuma sugestão metodológica para o desenvolvimento desta atividade, levando ao entendimento de que esta seria realizada de forma oral.

No manual do professor foi descrito pelos autores o que estes acreditavam ser possível de se discutir com os alunos sobre o experimento, e ainda as possíveis explicações sobre sua realização

As duas fases apresentarão então a mesma energia cinética média (os estudantes não costumam entender bem a ideia, por exemplo, de que se água sólida e líquida estiverem em contato, a mesma temperatura de 0 °C, então suas partículas constituintes apresentam a mesma energia cinética média. Por isso, reserve um tempo para realizar essas discussões). No início, a água líquida absorveu energia na forma de calor para romper suas ligações de hidrogênio, aumentando a energia potencial do sistema, e transformar-se em gás; portanto, a vaporização é um processo endotérmico. Ou seja, para romper qualquer ligação química, ou interações intermoleculares, é preciso absorver energia (processo endotérmico), ocorrendo aumento da energia potencial do sistema. Dessa forma, podemos concluir que a água gasosa apresenta maior energia interna que a água líquida. O que ocorre na transição de fase é que a absorção de energia em forma de calor é usada integralmente para aumento da energia potencial do sistema, e não para aumentar a energia cinética média; portanto, as duas fases permanecem à mesma temperatura. A energia absorvida na forma de calor é utilizada para romper a maior parte das ligações de hidrogênio, principais responsáveis por manter a água na fase líquida. Já na condensação, o excesso de energia potencial da água em forma de vapor é transferido para as vizinhanças na forma de calor ou trabalho, levando ao restabelecimento das ligações de hidrogênio. Por isso, a condensação é um processo exotérmico. Na formação de qualquer ligação química ou de interações intermoleculares, o sistema libera energia (processo exotérmico) e há diminuição de sua energia potencial. (Lopes, Rosso, 2020, p. XXXVIII).

Já a atividade apresentada pelo manual do professor do livro E2, utilizou como exemplo de materiais sabões e detergentes. Os autores trouxeram como orientações

ao professor a realização de uma conversa com os alunos sobre o uso de tais itens em seu dia a dia. O intuito era que os estudantes fizessem comparações entre o efeito obtido na limpeza de uma panela engordurada apenas com o uso de água e, em uma com a utilização de água e sabão, chegando à conclusão de que esta limpeza não se faz possível apenas com água. Ainda de acordo com o manual, os estudantes deveriam criar hipóteses sobre como a polaridade de tais materiais estava diretamente relacionada com suas solubilidades.

O manual do livro E2 ainda traz como conclusão final a ser obtida pelos estudantes, que sabões e detergentes são formados por substâncias denominadas anfifílicas, apresentando assim moléculas com uma parte polar e outra apolar. É feita ainda uma orientação de que tal molécula é representada por uma figura do livro do estudante.

Como sabões e detergentes são materiais que fazem parte do cotidiano dos alunos, pode-se afirmar que a utilização desta temática pelos autores é válida, uma vez que através de seu uso, é possível ser feita uma contextualização do conteúdo de Interações Intermoleculares. De acordo com Oliveira (2005), o número de alunos que conseguem identificar a importância da Química em seu dia a dia é escasso, não conseguindo associá-la a outros conhecimentos presentes em seu cotidiano, o que acaba por diminuir seu interesse.

b) Atividade experimental realizada pelo aluno

Como resultado das análises dos manuais do professor, foram encontradas três atividades experimentais que continham orientações para serem realizadas pelos alunos. Estas atividades estavam presentes nos livros B3, E2 e G1.

Os manuais do professor dos livros B3 e E2 apresentaram experimentos como sugestão de atividades complementares, sendo a produção de sabão trazida pelo manual do livro B3 e um experimento envolvendo o processo de cromatografia por E2. Já em G1, foi sugerida pelos autores a realização de uma atividade experimental com a utilização de moedas, pipetas de Pasteur ou canudos, água, papel-toalha e detergente, a fim de se demonstrar a tensão superficial da água. Esta atividade foi retirada de um site denominado “*Ciensação*”.

Na atividade experimental apresentada pelo manual do professor do livro B3, têm-se a produção de sabão a partir de óleo de cozinha usado, como alternativa sustentável ao seu descarte, assim como explicado pelos autores

Ao ser descartado em pias, o óleo de cozinha usado pode entupir as tubulações. Se o rejeito não for tratado, ele pode poluir rios, diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido, criando uma camada de óleo por cima do corpo d'água, impactando espécies e diminuindo a luminosidade. Já os detergentes utilizados no dia a dia para lavar louça são, geralmente, derivados do petróleo e, quando descartados, também podem diminuir a disponibilidade de oxigênio no corpo d'água e causar a eutrofização. (Thompson et al., 2020, p. LXXIV).

Como orientação para a realização desta atividade, é sugerida pelo manual do professor, sua execução pelos alunos em suas casas com suas famílias, devido a utilização de hidróxido de sódio como reagente. Mesmo com o uso de tal substância, esta atividade poderia ser melhor aproveitada se desenvolvida na escola. Herculano (2011) afirma que a sala de aula é um local ideal para a ocorrência de interações e aprendizado, devido a sua grande diversidade e riqueza.

No manual do professor do livro E2, foi sugerida como atividade experimental complementar, um experimento envolvendo a técnica da cromatografia. Os autores orientam que esta atividade fosse proposta no início do capítulo, a fim de se verificar as ideias prévias dos alunos sobre capilaridade e forças intermoleculares.

As orientações para o desenvolvimento de tal atividade foram descritas de forma completa pelo manual do professor, juntamente com os materiais a serem utilizados e ainda com o objetivo da realização da prática

Proponha aos estudantes que, divididos em equipes, recortem tirinhas retangulares de papel de filtro de 2 cm (base) por 10 cm (altura). Em cada uma, eles devem fazer um risco fino horizontal (paralelo à base) com apenas uma cor de caneta hidrográfica. O risco deve ser feito a cerca de 1,5 cm ou 2 cm de distância da base do retângulo. Para cada equipe, serão necessários dois béqueres – ou, na ausência desses, copos de vidro que tenham altura de 10 cm a 15 cm (é comumente o caso de béqueres de 250 mL ou 500 mL). O professor coloca etanol em um deles e água em outro só até atingir 1 cm de altura. Os estudantes devem colocar as tirinhas dentro do béquer, encostando apenas a extremidade que está abaixo do risco de caneta no álcool ou na água. O risco colorido não deve ser mergulhado no solvente. As tirinhas devem ser fixadas nessa posição, o que pode ser feito prendendo-as à borda do béquer com um prendedor de roupa para varais ou, melhor ainda, pendurando-as em um fio metálico rígido ou vareta de madeira horizontalmente apoiado na boca do béquer. Um béquer pode permitir a fixação de mais de uma tira. Diferentes equipes podem usar diferentes cores e/ou marcas de canetas hidrográficas. Assim, a classe sondará

uma ampla gama desses produtos. A partir da imersão da pontinha do retângulo de papel de filtro no solvente, o líquido começará a percorrer a tira de baixo para cima, devido à capilaridade nos poros do papel. Esperem até que o solvente tenha subido até aproximadamente três quartos da altura das tirinhas (cerca de 7,5 cm) e, então, retirem-nas e coloquem-nas para secar. Peça aos estudantes que observem os resultados e proponham explicações para o fato de alguns corantes serem arrastados pelo solvente a uma distância maior do que outros. (Algumas canetas contêm um só corante, outras contêm mais de um.) Peça que registrem suas observações e explicações. Ao final do capítulo, volte a essas observações para que eles possam avaliá-las e reformulá-las. O objetivo é propiciar uma discussão que permita aos estudantes concluir que o solvente percorre o papel devido à ação capilar nos poros do papel. Quanto aos corantes, aqueles que apresentam interações intermoleculares mais fortes com o papel de filtro permanecerão mais próximos da posição original do risco, enquanto aqueles que interagem mais fracamente com o papel serão arrastados a maiores distâncias pelo solvente. (Amabis et al, 2020, p. XXVI).

Este experimento sobre a técnica de Cromatografia descrito pelo manual do professor no livro E2, utiliza materiais de fácil acesso, podendo dessa forma ser considerado de fácil execução. Os autores desta obra sugeriram que esta atividade poderia ser trabalhada para iniciar o conteúdo de Interações Intermoleculares. Esta sugestão pode ser considerada válida, uma vez que de acordo com Ribeiro e Nunes (2008), a cromatografia é uma prática mais que apropriada para elucidar os conceitos relacionados às interações intermoleculares e polaridade, através de uma abordagem pertinente e ilustrativa.

Em continuidade das análises realizadas, foi ainda identificada uma orientação no manual do livro A4, para uma atividade experimental a ser encontrada no livro do aluno e que seria desenvolvida pelo mesmo. Esta orientação era sobre a atividade 1 contida no livro do estudante, denominada “Polímeros e interações intermoleculares”. Nela, os autores fizeram as seguintes sugestões ao professor:

Os estudantes poderão observar como as interações intermoleculares podem ser um critério para definir as aplicações e usos de materiais poliméricos. Por exemplo, uma sacola plástica não pode ser usada para secar uma superfície, assim como os papéis não resistem a muito peso, apesar de ambos serem constituídos por polímeros. Estas comparações podem ser estabelecidas para que os estudantes possam compreender a importância de se analisar as propriedades de um material para definir quais usos e aplicações serão dados a ele. O texto 5.2 – Polímeros e interações intermoleculares (página 88) retoma e explica a Atividade 1. Você pode fazer a leitura conjunta com os estudantes reavaliando as respostas dadas. (Mortimer et al., 2020, p. 245).

c) Atividade experimental sugerida em vídeo

Através da realização das análises, foram encontradas em um mesmo manual do professor (Livro A4), duas atividades experimentais a serem desenvolvidas com o uso de vídeos. Ambas foram extraídas pelos autores do canal “Pontociência”, sendo indicadas na seção “Sugestões para o professor deste capítulo”.

A primeira atividade apresentada tinha o intuito de contemplar a análise da influência da polaridade das moléculas e dos tipos de interações intermoleculares estabelecidas sobre a miscibilidade de líquidos. Esta era assim composta por uma sequência de três vídeos com o título “Tornando líquidos imiscíveis” separados em “prever”, “observar” e “explicar”. Os autores descreveram que estes vídeos apresentavam um sistema formado por etanol, aguarrás, iodo e água e que o estudante deveria fazer previsões e propor explicações para o que seria exibido, sendo assim um tipo de atividade avaliativa para sistematizar as discussões sobre interações intermoleculares.

Ao ser feita a verificação dos links disponibilizados pelo manual do professor do livro A4, foi constatada a presença da seguinte mensagem: “Este vídeo não está mais disponível”. Desta forma, pode-se afirmar que para a escolha de tal sugestão pelos autores desta obra, não foram seguidas de fato à seguinte exigência contida na ficha de avaliação do PNLD 2021

1.1.12 O Manual do Professor apresenta, de forma destacada, referências bibliográficas complementares comentadas, para pesquisa ou consulta (sites, vídeos, livros etc.), diferentes das do livro do estudante e que expressem os últimos avanços, nacionais e internacionais, do respectivo campo de ensino? (Brasil, 2021, p. 34).

A sugestão desta atividade experimental pode então ser descartada, uma vez que não se tem uma fonte válida para que o professor possa utilizar em sala de aula e, pelos autores não terem apresentado as descrições do que havia em cada um dos vídeos.

Outra atividade também proposta para ser realizada, partindo-se da utilização de um vídeo, apresentava como título “Jogo do disco apolar”. O manual do professor apresentou como orientação que sua utilização se desse no fechamento das discussões sobre interações intermoleculares e sólidos covalentes, sendo assim uma atividade avaliativa.

Foi constatada que esta atividade pode sim ser realizada em sala de aula, uma vez que o link disponibilizado pelo manual é válido. É importante ressaltar que os autores ainda apresentaram toda a descrição do experimento, sendo este formado por um sistema contendo água e aguarrás, onde um disco de papel com uma de suas faces cobertas por grafite seria adicionado. A realização desta atividade experimental seria então possível mesmo se houvesse a “quebra” do link apresentado pelos autores, uma vez que o professor poderia fazer sua representação na lousa, gravar a realização do experimento caso possível, ou ainda procurar um vídeo similar ao mesmo, seguindo todas as orientações apresentadas.

6.3. Estratégias de ensino - interações intermoleculares

Através das análises realizadas, foram identificadas orientações de estratégias de ensino para diferentes tópicos que estavam relacionados às interações intermoleculares, presentes nos manuais do professor de cada um dos livros. Tais orientações foram apresentadas como forma de introdução para o conteúdo ou ainda relacionadas ao ensino de polaridade das moléculas.

Nos manuais do professor dos livros A4 e F1, foram identificadas orientações de estratégias de ensino a serem utilizadas na introdução do conteúdo de interações intermoleculares. No livro A4, os autores propuseram as seguintes orientações.

Anteriormente, apresentamos explicações para justificar a dissolução do sal de cozinha em água baseando-nos apenas nas interações entre as partículas da água e as partículas do sal, sem abordar a natureza dessas partículas e dessas interações. Nesta unidade, vamos avaliar uma explicação para esse fenômeno: a molécula de água, polar, estabelece interações do tipo íon-dipolo com os íons do retículo cristalino do sal de cozinha. Neste processo, as ligações iônicas entre os íons do sal são rompidas e novas interações são formadas entre os íons e as moléculas de água. Este processo é chamado de solvatação. O modelo cinético-molecular não nos fornece dados suficientes para elaborar tal explicação, mas os modelos de ligações químicas e interações intermoleculares sim. Desta forma, o estudo destes novos modelos faz-se necessário nesta etapa. (Mortimer et al., 2020, p. 230).

Já no manual do professor do livro F1, foram feitas sugestões de questionamentos como forma de se fazer um levantamento prévio dos estudantes sobre as forças intermoleculares. As sugestões de questões, bem como as orientações colocadas pelos autores foram as seguintes

“O que são forças intermoleculares?”. É esperado que os estudantes apontem que são forças estabelecidas entre moléculas, devido ao próprio nome da expressão. Verifique outras eventuais respostas que demonstrem suas concepções espontâneas. “Considere que a temperatura de ebulição de um líquido (líquido A) seja 60 °C e que a temperatura de ebulição de outro líquido (líquido B) seja 110 °C. Em qual deles existe uma ligação mais forte entre suas moléculas?”. Peça aos estudantes que justifiquem suas respostas. Não é esperado que eles saibam responder neste momento, mas que reflitam sobre o assunto. Diga a eles que devido à maior temperatura de ebulição, pode-se concluir que a atração entre as moléculas que formam o líquido B é mais forte que as que formam o líquido A. Logo, é pertinente deduzir que, quanto maior for a força que atrai as moléculas que compõem uma substância, maior é a interação entre elas, portanto, maior será a temperatura de fusão e de ebulição da substância. (Godoy, Agnolo, Melo, 2020, p. 234).

Ao se comparar as orientações apresentadas, foram identificadas a utilização de estratégias de ensino distintas. Enquanto o manual do professor do livro A4 utiliza como exemplo o experimento da dissolução do sal de cozinha em água, em F1 foi adotada como metodologia a investigação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo de interações intermoleculares.

Ao ser feita a análise das estratégias de ensino utilizadas, foi possível constatar que a estratégia apresentada em A4 é válida, uma vez que os autores apresentaram as devidas justificativas para tal escolha. É importante ainda afirmar que é necessário de fato o conhecimento do conteúdo de interações intermoleculares para o entendimento do processo de solvatação.

Já o manual do professor do livro F1, apresentou questões como forma de orientar o professor para o início do conteúdo de interações intermoleculares. Ao se comparar com a estratégia adotada pelo livro A4, pode-se afirmar que a apresentada em F1 é mais difícil de ser desenvolvida pelo professor. Isto se deve às questões escolhidas pelos autores, uma vez que estas acabam por serem invalidadas pelos mesmos, devido a apresentação da afirmação de que os alunos não saberiam responder tais questões. Assim como visto em A4, os autores do manual do professor do livro F1, poderiam ter formulado questões com elementos que fazem parte do cotidiano dos alunos, como é o caso do sal de cozinha por exemplo.

6.4. Estratégias de ensino - polaridade das moléculas

Em análise dos manuais do professor, foram identificadas orientações de estratégias de ensino a serem utilizadas para o estudo de conceitos relacionados à

diferença de polaridade das moléculas. As estratégias apresentadas consideraram fatores variados para seu desenvolvimento, sendo estes as propriedades físicas das substâncias, diferença de eletronegatividade, interação intermolecular do tipo dipolo-induzido, uso de vetor e simetria de moléculas.

No manual do professor do livro A4, as propriedades físicas das substâncias são utilizadas como justificativa para o estudo das interações intermoleculares. Mortimer et al (2020) apontam o entendimento das interações em estudo como primordiais para que os alunos consigam entender e diferenciar as propriedades das substâncias iônicas, metálicas e moleculares.

De acordo com os autores do manual em questão, o livro do estudante apresenta quadros e gráficos compostos por tais propriedades, mas que não podem ser justificados apenas pelo tipo de ligação química entre os átomos.

Outro manual do professor que também utiliza como estratégia de ensino o uso das propriedades físicas, é o pertencente ao livro A5. Os autores citam o título de dois textos contidos no livro do aluno, sendo estes “*A representação das moléculas orgânicas: os alcanos*” e “*Propriedades físicas dos alcanos*”. Estes textos:

Abordam os alcanos e como podem ser explicadas as tendências de variação dos valores das temperaturas de fusão, considerando as interações intermoleculares estabelecidas e a massa molar das substâncias. As relações de solubilidade também são contempladas. (Mortimer et al., 2020, p. 208).

A utilização de tal estratégia é defendida por Messias Júnior (2020), ao afirmar que a variação das propriedades físicas também pode ser justificada pela existência de uma variedade de interações que ocorrem entre as moléculas que formam as substâncias.

A partir da continuidade das análises das estratégias de ensino, foi possível verificar que a mais utilizada foi a que considerava o uso de vetores para a explicação da diferença de polaridade das moléculas. Tal estratégia foi identificada no manual do professor dos livros C2, F1 e G1.

No manual do professor do livro C2, os autores fizeram orientações para que o professor conseguisse explicar a polaridade das moléculas

Para explicar sobre a polaridade das moléculas, inicie com o exemplo do gás carbônico, mostrando os polos positivo e negativo entre os átomos de carbono (C) e oxigênio (O), com a representação do vetor. Em seguida, explique por que o momento de dipolo resultante é nulo. Mostre a formação dos vetores na molécula de água e explique que,

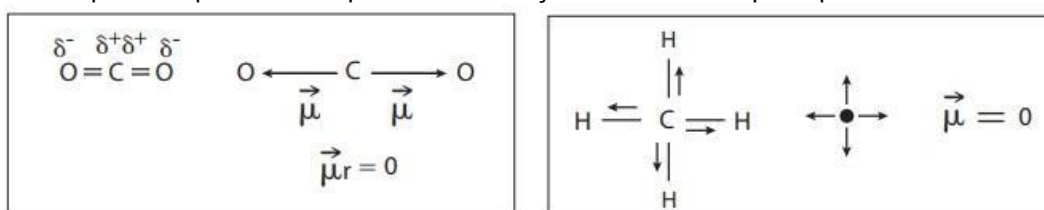
nesse caso, a soma dos vetores não é nula, em razão da geometria angular da molécula. Retome o quadro da página anterior e mostre a formação dos polos e vetores na molécula do cianeto de hidrogênio (HCN). Com base na conclusão de que tal molécula é polar, explique aos estudantes, ainda utilizando o quadro, que a análise dos átomos ao redor do átomo central definirá a polaridade das moléculas com geometria linear, trigonal e tetraédrica. As moléculas com geometria angular e piramidal sempre serão polares. (Santos, 2020, p. XLII).

Já no livro F1, as orientações colocadas pelos autores foram separadas de acordo com a classificação da molécula. Para moléculas classificadas como apolar

Moléculas diatômicas formadas por ligações covalentes apolares e por elementos iguais. Exemplos: Cl_2 , O_2 , N_2 , H_2 . Quando tiver mais ligantes: montar a geometria molecular e somar os momentos dipolares da molécula. Se a soma for nula (E dos vetores $m = 0$) a molécula é apolar, ou seja, o átomo central não possui par de elétrons livres. (Godoy, Agnolo, Melo, 2020, p. 234).

Seguindo as orientações descritas acima, os autores apresentaram a Figura 6 abaixo.

Figura 6 – Esquema representativo para a identificação de molécula apolar por soma de vetores



Fonte: (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p. 234)

É importante considerar que, ainda para moléculas compostas por ligações covalentes, os autores do manual em questão fizeram orientações ao professor sobre a classificação de tais moléculas considerando a diferença de eletronegatividade, mas caberia ao professor a utilização ou não de tal estratégia de ensino

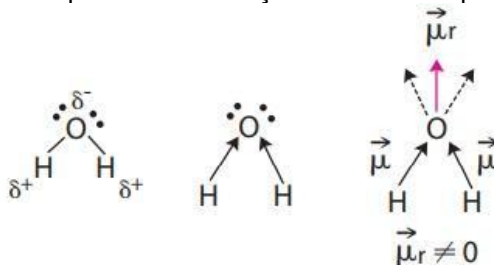
Com relação à polaridade, se desejar, explique que, na ligação covalente, o par eletrônico compartilhado é disputado entre os átomos ligantes por meio da diferença de eletronegatividade de cada elemento. Estes pares eletrônicos, se forem deslocados por essa força, vão originar moléculas polares; caso o par eletrônico não seja deslocado, as moléculas serão apolares. Comente também que existem outras formas de verificar a polaridade das moléculas, como por meio da análise do momento dipolar resultante da molécula. (Godoy, Agnolo, Melo, 2020, p. 234).

Para moléculas classificadas como polar, as orientações apresentadas pelos autores também consideravam:

Moléculas diatômicas, mas formadas por elementos químicos diferentes em que um deles é mais eletronegativo, deslocando o par eletrônico (forma polos) H a molécula será polar. Exemplos: HCl, HI, HF, HBr. Quando todos os ligantes forem iguais, deve-se montar a geometria da molécula e somar os momentos dipolares. Se a soma for diferente de zero (E dos vetores $\neq 0$) a molécula é polar. Ou, se sobrar par de elétrons livres ao redor do átomo central a molécula será polar. (Godoy, Agnolo, Melo, 2020, p. 234).

Em sequência das orientações apresentadas, os autores dispuseram no manual do professor, a Figura 7 apresentada abaixo.

Figura 7 – Esquema representativo para a classificação de molécula polar por soma de vetores



Fonte: (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p. 235)

Nas orientações apresentadas pelo manual do professor do livro G1, os autores fizeram também o uso de vetores como forma de classificar a polaridade das moléculas

O momento dipolar é a chave para estabelecer a polaridade das moléculas, por meio da soma dos vetores representados pelos dipolos. Cada dipolo, na molécula, é uma ligação química que deve ser representada por um vetor. A soma de todos os vetores determina o caráter polar ou apolar da molécula; • A distribuição simétrica de dipolos elétricos ao redor de um átomo central resulta em uma molécula apolar, como se comprova com a representação do dipolo por vetores. (Fukui, 2020, p. 215).

Após a análise das orientações apresentadas pelos manuais dos três livros, foi possível identificar uma característica em comum. Ambos os autores direcionaram suas orientações para que o professor realizasse a análise do momento dipolar das moléculas, onde através da soma dos vetores representados por dipolos, se conseguiria classificar a molécula como polar ou apolar.

Considerando ainda as análises dos três manuais do professor em questão, pode-se afirmar que as orientações apresentadas em F1 foram as mais completas. O

manual deste livro foi o único em que foram disponibilizadas pelos autores imagens que facilitam o entendimento da classificação de moléculas por soma de vetores. Nas orientações contidas em G1, os autores nem sequer apresentaram como se fazer tal soma.

Dando continuidade das análises das estratégias de ensino para polaridade das moléculas, foram ainda identificadas duas outras estratégias utilizadas em um mesmo manual do professor. Este manual pertencente ao livro E2, utilizou como orientações de estratégia o ensino de polaridade de moléculas por simetria e a interação intermolecular do tipo dipolo instantâneo- dipolo induzido.

Para a estratégia de ensino de polaridade de moléculas por simetria apresentada como orientação pelo manual do professor do livro E2, os autores afirmaram que todas as interações atrativas entre moléculas são de natureza elétrica.

O item começa com a apresentação das interações dipolo-dipolo, decorrentes da atração eletrostática entre polos com cargas de sinais opostos de moléculas polares (polo δ^- de uma e polo δ^+ de outra). Exemplos que você pode comentar em sala são HCl, HBr, HI, H₂S, H₂Se, H₂Te, PH₃, AsH₃, SbH₃, CH₂O (metanal, ou formaldeído) e H₃CCOCH₃ (acetona, ou propanona). (Amabis et al, 2020, p. XXXI).

Já para as orientações que consideravam o uso das interações do tipo dipolo instantâneo- dipolo induzido como estratégia de ensino para polaridade de moléculas, os autores do livro E2 dispuseram das seguintes orientações

[...] caracterizando-as como resultado de distorções momentâneas da densidade eletrônica molecular (Fig. 19 do Livro do Estudante). Ao apresentar esse conceito, destaque que se trata de um tipo de interação existente em todas as substâncias moleculares, não apenas nas que apresentam moléculas apolares. Não obstante, elas são de grande importância nesse tipo de substância, posto que não existem outras interações intermoleculares envolvidas nesse caso. (Amabis et al, 2020, p. XXXI).

Em análise do uso de tais estratégias adotadas pelo manual do professor em questão, nota-se que houve a orientação do uso da primeira para que se conseguisse desenvolver a segunda.

Nas orientações apresentadas para estratégia de ensino de polaridade de moléculas por simetria, os autores apontaram que o item se inicia com as interações do tipo dipolo-dipolo, afirmando que estas são decorrentes da atração eletrostática entre polos com cargas de sinais opostos de moléculas polares. O uso de tal estratégia, bem como seu entendimento pelo professor é necessário para que se consiga utilizar

a segunda estratégia que considerava as interações do tipo dipolo instantâneo- dipolo induzido. A orientação trazida pelos autores de que se deveria caracterizar que estas interações são resultado de distorções momentâneas da densidade eletrônica molecular, comprova a afirmação realizada.

7. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A partir dos resultados obtidos na análise da abordagem do conteúdo de interações intermoleculares nos manuais do professor de cada um dos livros, elaborou-se uma sequência didática (SD) para aplicação em sala de aula.

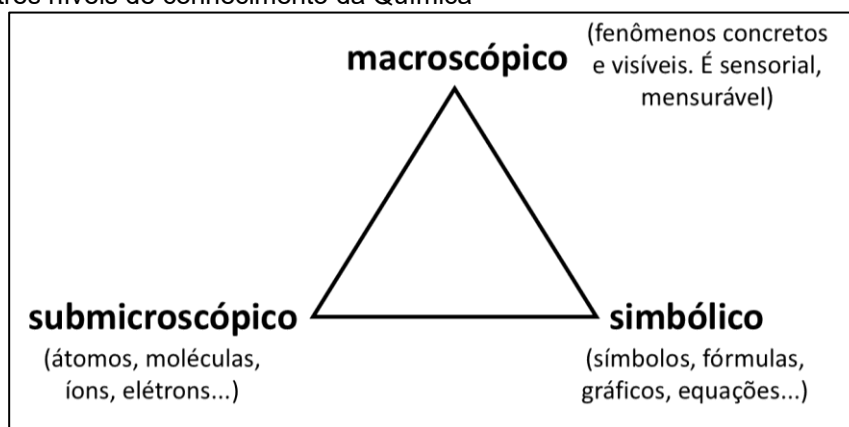
De acordo com Sucupira (2017), a SD é uma ferramenta que pode auxiliar a construção do conhecimento pelos estudantes, ao envolver um conjunto de atividades organizadas de maneira sequencial em torno de um conteúdo específico.

Como apresentado no tópico 6 desta pesquisa, especificamente no subtópico 6.2 (b), referente às análises das atividades experimentais propostas nos manuais dos professores, observou-se a ausência de uma atividade experimental que contemplasse, de fato, o estudo das interações intermoleculares.

Segundo Oliveira (2017), o uso de atividades experimentais como metodologia favorece tanto o desenvolvimento cognitivo quanto a criticidade dos estudantes, funcionando também como elemento motivador, ao estimular o interesse e a participação nas aulas.

Considerando que o conteúdo em questão possui um caráter bastante abstrato e, por isso, tende a apresentar maior grau de dificuldade para os estudantes, optou-se por construir uma sequência didática que partisse do nível macroscópico em direção ao nível microscópico. Conforme Johnstone (2006), a compreensão da Química envolve três níveis de conhecimento: o nível macroscópico (relacionado a fenômenos observáveis), o nível submicroscópico (relacionado a átomos, moléculas e íons) e o nível representacional (composto por símbolos, fórmulas, representações e gráficos). Esses níveis podem ser visualizados na Figura 8.

Figura 8 – Os três níveis de conhecimento da Química



(Adaptado a partir de Johnstone, 2006, p. 59)

Ainda segundo Johnstone (2006), é importante repensar a forma como o conteúdo é trabalhado, iniciando-se, preferencialmente, por um único vértice do triângulo – o nível macroscópico – antes de levar os estudantes a integrarem os três níveis simultaneamente. Assim, os experimentos que compõem a sequência foram concebidos a partir da observação de fenômenos, para que, posteriormente, por meio do estudo teórico, os estudantes pudessem compreender o que foi observado.

O objetivo foi possibilitar aos estudantes a compreensão dos conceitos envolvidos e a identificação dos diferentes tipos de interações intermoleculares (dipolo permanente–dipolo permanente, ligações de hidrogênio e dipolo instantâneo–dipolo induzido).

A proposta teve início com o estudo da volatilidade de diferentes substâncias no primeiro experimento da SD, que se encontra descrito de forma completa no Apêndice A desta pesquisa. O segundo experimento, também apresentado na SD, teve como objetivo auxiliar os estudantes na compreensão do fenômeno observado anteriormente. A partir da construção de estruturas moleculares, buscou-se que os estudantes identificassem os tipos de interações presentes nas substâncias analisadas e compreendessem como essas interações influenciam na volatilidade observada.

A sequência didática foi aplicada durante a disciplina “Prática Supervisionada”, componente obrigatório do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. Como não atuava como docente no período em que cursei essa disciplina, a aplicação ocorreu em oito turmas do segundo ano do Ensino Médio de uma escola estadual, ministradas por uma professora efetiva da área de Química. O Produto Educacional resultante foi, portanto, construído a partir da aplicação dessa SD.

Conforme pode ser consultado no Apêndice B, o produto educacional “Interações Intermoleculares a partir da diferença de volatilidade: uma sequência didática” é voltado para professores da Educação Básica que atuam no Ensino Médio, oferecendo atividades experimentais que podem contribuir para o aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem.

Com base nos resultados da aplicação da SD, foi possível perceber um aumento no interesse e na empolgação dos estudantes à medida que a proposta era desenvolvida. Isso se evidenciou em falas como “Nossa, agora eu amo Química”, expressas por estudantes durante a realização das atividades experimentais.

Como mencionado anteriormente, a SD foi planejada para ser aplicada em duas aulas de 50 minutos, considerando o tempo disponível nas turmas da professora regente. Contudo, observou-se que, embora esse tempo tenha sido suficiente para a conclusão das atividades, seria recomendável ampliá-lo, a fim de garantir maior fluidez no desenvolvimento das etapas, sem a necessidade de apressar explicações teóricas ou atividades práticas.

Dessa forma, o Produto Educacional foi organizado com a sugestão de aplicação em quatro aulas de 50 minutos cada, distribuídas da seguinte forma:

- **1ª aula** – aplicação do primeiro experimento (Volatilidade de diferentes Líquidos);
- **2ª aula** – explicação dos conceitos de Geometria Molecular, Eletronegatividade, Polaridade das Moléculas e Interações Intermoleculares, com o auxílio de slides e Datashow;
- **3ª aula** – aplicação do segundo experimento (Geometria Molecular e Interações Intermoleculares);
- **4ª aula** – realização da atividade “CHECKLIST” pelos estudantes.

Mesmo com o tempo reduzido durante a aplicação inicial, os resultados obtidos foram considerados satisfatórios. Os estudantes conseguiram executar com êxito ambas as atividades experimentais e, em sua maioria, responder corretamente às questões propostas. Alguns desses resultados podem ser visualizados nas fotos a seguir, que registram etapas da aplicação da SD.

Alguns destes resultados podem ser observados nas fotos na página seguinte, que contém algumas das etapas de aplicação.

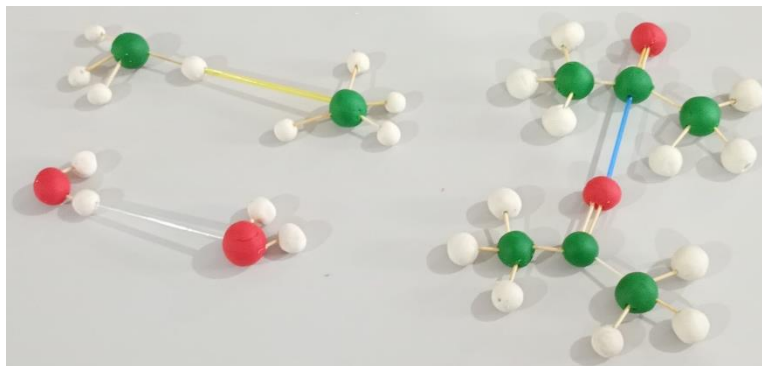
Em síntese, a construção e aplicação da sequência didática evidenciaram a importância de estratégias de ensino que aproximem os estudantes dos conceitos abstratos da Química por meio da experimentação e da articulação entre os diferentes níveis de representação do conhecimento químico. Os resultados observados reforçam o potencial das atividades propostas para promover a compreensão das interações intermoleculares de forma significativa, despertando o interesse pela disciplina e favorecendo a aprendizagem. Assim, o Produto Educacional “Interações Intermoleculares a partir da diferença de volatilidade: uma sequência didática”, disponível em <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/984098>, elaborado a partir

desta experiência, configura-se como uma contribuição prática para o trabalho docente no Ensino Médio, podendo ser adaptado e replicado em diferentes contextos escolares

Figura 9: Registro fotográfico da realização do experimento “Volatilidade de diferentes líquidos” pelos estudantes durante a aplicação da sequência didática



Figura 10: Registro fotográfico das estruturas produzidas por um grupo de alunos para a representação das interações intermoleculares durante a realização do experimento “Geometria Molecular e Interações Intermoleculares”



8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho permitiu identificar quais manuais do professor, presentes nos livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias aprovados pelo PNLD 2021, abordam o conteúdo de interações intermoleculares em suas orientações. Observou-se que todos os manuais analisados estão presentes nas coleções, com diferentes formas de organização, mas apresentando elementos recorrentes.

Com base nessa análise, foram definidas categorias que organizaram os dados obtidos: atividades experimentais, comparação entre os tipos de interações, cotidiano, estratégias de ensino, importância/aplicação, modelos/animações/simulações, orientações pedagógicas e referências bibliográficas complementares. Entre os exemplos de aplicação do conteúdo, destacam-se temas relacionados a fibras, plantas, fármacos e Química Orgânica, citados em diversos manuais. No entanto, em alguns casos, como nos livros D6 e E2, essas aplicações são mencionadas de forma genérica, sem orientação prática sobre como explorá-las pedagogicamente.

Em relação às atividades experimentais, foram encontradas dez propostas, divididas entre demonstrativas (manuais C2, C3 e E2), atividades para serem realizadas pelos estudantes (B3, E2 e G1) e sugestões em vídeo (A4). As atividades demonstrativas, em sua maioria, carecem de objetivos pedagógicos claros e contextualização com o cotidiano. Já entre as práticas direcionadas aos estudantes, apenas a produção de sabão (manual B3) se mostrou mais articulada à realidade escolar, embora sugerida como atividade complementar. Nas atividades em vídeo, identificaram-se falhas na organização dos links e na descrição das propostas, comprometendo sua aplicabilidade.

Quanto às estratégias de ensino, foram identificadas propostas nos manuais A4 e F1, sendo esta última de maior complexidade de execução. As estratégias voltadas ao ensino da polaridade molecular envolvem aspectos como propriedades físicas, diferença de eletronegatividade, uso de vetores, simetria das moléculas e interação dipolo-induzido. A abordagem mais recorrente foi a utilização de vetores para a análise do momento dipolar das moléculas, havendo também orientações que articulam diferentes estratégias em sequência.

De modo geral, embora os manuais apresentem exemplos e sugestões que evidenciam a importância das interações intermoleculares, constatou-se a existência

de lacunas na abordagem prática e contextualizada do conteúdo. Há escassez de atividades experimentais bem estruturadas, articulação com o cotidiano e estratégias didáticas que integrem os três níveis de representação do conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico e representacional), conforme proposto por Johnstone (2006).

Essas constatações motivaram a elaboração de uma sequência didática (SD) que buscasse suprir tais lacunas, promovendo uma abordagem mais significativa e acessível do conteúdo. A proposta partiu da observação de fenômenos cotidianos, como a volatilidade de líquidos, e avançou para a construção de modelos moleculares e a compreensão das interações envolvidas. Os experimentos foram concebidos para favorecer a aprendizagem a partir da experiência concreta, conforme defendem autores como Oliveira (2017) e Sucupira (2017).

A aplicação da SD ocorreu em turmas do segundo ano do Ensino Médio, no contexto da disciplina “Prática Docente Supervisionada”, do Mestrado Profissional, e envolveu duas atividades, como a volatilidade de líquidos, e avançaram para a construção de modelos moleculares e a compreensão das interações intermoleculares envolvidas, articuladas a momentos de sistematização teórica. Os resultados observados evidenciaram o entusiasmo e o envolvimento dos estudantes tanto na execução dos experimentos quanto na compreensão dos conceitos, conforme apontado em falas espontâneas e na realização satisfatória das tarefas propostas. A experiência também permitiu identificar a necessidade de ampliar o tempo de aplicação, o que foi ajustado na organização do Produto Educacional, que passou a sugerir a realização da SD em quatro aulas de 50 minutos.

Assim, o Produto Educacional resultante desta pesquisa não apenas dialoga com as lacunas identificadas nos livros didáticos analisados, mas também oferece uma proposta concreta de ensino que pode ser utilizada e adaptada por professores da Educação Básica. Trata-se de uma contribuição prática, fundamentada teoricamente e validada em sala de aula, que busca aproximar estudantes de conteúdos abstratos da Química por meio da experimentação e da articulação entre os diferentes níveis de representação.

Em suma, o trabalho aqui desenvolvido evidencia a importância de investigações que articulem análise crítica de materiais didáticos com a construção de propostas pedagógicas aplicáveis, fortalecendo a formação de professores e articulando a análise dos livros e a prática pedagógica. A pesquisa e a produção do produto permitiram

compreender melhor os desafios do ensino de interações intermoleculares e, ao mesmo tempo, contribuir com uma proposta que potencializa a aprendizagem por meio da experimentação e da integração entre teoria e prática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, E. B. C.; FERREIRA, A. T. B. Programa nacional de livro didático (PNLD): mudanças nos livros de alfabetização e os usos que os professores fazem desse recurso em sala de aula. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, v. 27, p. 250-270, 2019. <https://doi.org/10.1590/s0104-40362019002701617>
- AMABIS, J. M. et al. **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias: Água e vida**. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias: Ciência e tecnologia**. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias: Humanidade e ambiente**. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias: Matéria e energia**. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias: O conhecimento científico**. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias: Universo e poluição**. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Reto, Luís A.; Pinheiro, Augusto [Trad.], São Paulo: Ed. 70, 2011
- BETTELHEIM, F. A.; BROWN, W. H.; CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. O. **Introdução à química geral**: Tradução da 9ª edição norte-americana. Cengage Learning Brasil, 2016. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522126354/>.
- BEZERRA, D. L. A relação entre ciência e religião em livros didáticos de Ciências da Natureza do PNLD 2021. 2022. 96f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2022. <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/4302>
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Trad. Maria J. Alvarez, Sara B. Santos e Telmo M. Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRANDÃO, J. D. P. O papel do livro didático no processo de ensino aprendizagem: uma introdução do conceito de função. 2013. 84f. **Trabalho de conclusão** (Especialização em Educação Matemática). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

_____. Ministério da Educação. PNLD - **Programa Nacional do Livro Didático**. Brasília/MEC, 2020. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/318-programas-e-aco-es-1921564125/pnld-439702797/12391-pnld>.

_____. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Programas do Livro**. Brasília/MEC, 2022. Disponível em <https://www.gov.br/fnde/pt-br/acesso-a-informacao/aco-es-e-programas/programas/programas-do-livro>

_____. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **EDITAL DE CONVOCAÇÃO Nº 03/2019**. Brasília/MEC, 2019. Disponível em: https://www.fnde.gov.br/phocadownload/programas/Livro_Didatico_PNLD/Editais/PNLD_2021/EDITAL%20CONSOLIDADO%20PNLD%202021_18-09-2020.pdf.

_____, Ministério da Educação. **Guia Digital PNLD 2021** – Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília, MEC/SEB, 2021. Disponível em https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia_pnld_2021_didatico_pnld-2021-obj2-ciencias-natureza-suas-tecnologias.pdf

_____, Ministério da Educação. **Guia Digital PNLD 2024**. Brasília, MEC/SEB, 2024. Disponível em https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia_pnld_2024_objeto1_obras_didaticas_Apresentacao.pdf

_____. **Decreto-lei Nº 91.542**, de 18 de agosto de 1985. Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências. Diário Oficial da União, 20 ago. 1985.

_____. **Decreto-lei Nº 9.099**, de 18 de julho de 2017. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático. Diário Oficial da União, 19 jul. 2017.

CHANG, R. **Química geral**. Grupo A, 2010. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788563308177>

COELHO, M. M. P. Interações intermoleculares: estudo da sua abordagem nos livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático e no Exame Nacional do Ensino Médio. 2020. 106f. **Dissertação** (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2020. <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/12436>

ENGELMANN, G. L. Percepção de cientistas e da história da ciência em livros didáticos de química. 2017. 235f. **Dissertação** (Mestrado em Educação). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017. <http://tede.unioeste.br/handle/tede/3341>

FARIAS, G. B. D. Contextualização, práticas educativas e o livro didático no ensino de química. 2018. 83f. **Dissertação** (Mestrado em Química). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018. <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6882>

FERNANDES, B. G. O estudo metacognitivo de representações visuais na compreensão das interações intermoleculares. 2020. 162f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino e História das Ciências e da Matemática). Universidade Federal do ABC. Santo André, 2020.
http://biblioteca.ufabc.edu.br/index.php?codigo_sophia=121824

FLORA, E. Experimentação problematizadora com materiais alternativos na formação continuada de professores. 2011. 63 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências) - Universidade de Franca. Franca, 2011.
<https://repositorio.cruzeirodosul.edu.br/handle/123456789/507>

GAMA, E. F. P. E. A abordagem da interdisciplinaridade nos livros didáticos de ciências do PNLD 2020. 2021. **Dissertação** (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.
<https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/15045>

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GERMANO, A. P. P. ABP na educação básica: uma análise dos livros didáticos de química aprovados no PNLD 2018 em escolas públicas do Agreste-Pernambuco. 2020, 105f. **Dissertação** (Mestrado em Educação Ciência e Matemática) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2022.

GODOY, L. P.; DELL' AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. **Multiversos**: Ciências da natureza: Ciência, sociedade e ambiente. São Paulo: 1. Ed. Editora FTD, 2020.

_____. **Multiversos**: Ciências da natureza: Ciência, tecnologia e cidadania. São Paulo: 1. Ed. Editora FTD, 2020.

_____. **Multiversos**: Ciências da natureza: Eletricidade na sociedade e na vida. São Paulo: 1. Ed. Editora FTD, 2020.

_____. **Multiversos**: Ciências da natureza: Matéria, energia e a vida. São Paulo: 1. Ed. Editora FTD, 2020.

_____. **Multiversos**: Ciências da natureza: Movimentos e equilíbrios na natureza. São Paulo: 1. Ed. Editora FTD, 2020.

_____. **Multiversos**: Ciências da natureza: Origens. São Paulo: 1. Ed. Editora FTD, 2020.

GOMES, P. R. S. Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD): análise de impacto no período de 2013–2020; 2022. 45 f. **Dissertação** (Mestrado em

Economia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.
<http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/12539>

HERBST, M. H.; MONTEIRO FILHO, A. R. M. Um Outro Olhar Sobre as Ligações Hidrogênio. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 1, p. 10-16, 2019.
<https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160142>

HERCULANO, M. C. Afetividade na relação professor-aluno: significados sob o olhar do professor do ensino médio. 2011. 130f. **Dissertação** (Mestrado em Educação). Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2011.
<https://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=70609>

JESUS, D. S. D. O questionamento nos livros didáticos de Química do PNLD 2015 e 2018. 2018. 69f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2018.
<http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/8132>

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry education research and practice**, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.
<https://doi.org/10.1039/B5RP90021B>

JUNQUEIRA, M. M. Um estudo sobre o tema interações intermoleculares no contexto da disciplina de química geral: a necessidade da superação de uma abordagem classificatória para uma abordagem molecular. 2017. 275f. **Tese** (Doutorado em Ensino de Química). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017.
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-05072018-145554/>

JUNQUEIRA, M. M.; MAXIMIANO, F. A. Interações intermoleculares e o fenômeno da solubilidade: explicações de graduandos em Química. **Química Nova**, v. 43, n. 1, p. 106-117, 2020. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170449>

KATO, C. M. A utilização do livro didático em aulas de química. 2014. 105f. **Dissertação** (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2014.
<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/4417>

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista katálisis**, v. 10, n. esp. p. 37-45, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1414-49802007000300004>

LOPES, S.; ROSSO, S. **Ciências da natureza: Água, agricultura e uso da terra**. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.

_____. **Ciências da natureza: Corpo humano e vida saudável**. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.

- _____. **Ciências da natureza: Energia e consumo.** São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Ciências da natureza: Evolução e universo.** São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Ciências da natureza: Mundo tecnológico e ciências aplicadas.** São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Ciências da natureza: Poluição e movimento.** São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- MESSEDER NETO, H. S.; SÁ, L. V.; BRITO, M. M. **Conceitos químicos em destaque.** Salvador: UFBA, 2022.
- MESSIAS JUNIOR, J. Análise da estrutura conceitual do tema interações intermoleculares presente em um livro didático de ensino superior: obtenção e análise de redes conceituais e identificação de fatos, conceitos e princípios. 2020. 165f. **Tese** (Doutorado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2020. <https://doi.org/10.11606/D.81.2020.tde-17062020-163810>
- MIRANDA, L. C. Alguns aspectos que influenciam a escolha e o uso do livro didático pelos professores das ciências naturais na educação básica. 2009. 209f. **Dissertação** (Mestrado em Educação). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009. <http://hdl.handle.net/1843/FAEC-84JRWA>
- MOTA, R. N. Mapas conceituais e resolução de problemas sobre as interações intermoleculares: um estudo com alunos da 1ª série do ensino médio. 2012. 209f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Química). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2012. <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/6648>
- MORTIMER, E. et al. **Matéria, energia e vida, uma abordagem interdisciplinar: Desafios contemporâneos das juventudes.** São Paulo: 1. Ed. Scipione, 2020.
- _____. **Matéria, energia e vida, uma abordagem interdisciplinar: Evolução, biodiversidade e sustentabilidade.** São Paulo: 1. Ed. Scipione, 2020.
- _____. **Matéria, energia e vida, uma abordagem interdisciplinar: Materiais e energia: transformações e conservação.** São Paulo: 1. Ed. Scipione, 2020.
- _____. **Matéria, energia e vida, uma abordagem interdisciplinar: Materiais, luz e som: modelos e propriedades.** São Paulo: 1. Ed. Scipione, 2020.
- _____. **Matéria, energia e vida, uma abordagem interdisciplinar: O mundo atual: questões sociocientíficas.** São Paulo: 1. Ed. Scipione, 2020.

- _____. **Matéria, energia e vida, uma abordagem interdisciplinar:** Origens: o universo, a terra e a vida. São Paulo: 1. Ed. Scipione, 2020.
- OLIVEIRA, A. M. C. A Química no Ensino Médio e a contextualização: a fabricação do sabão como tema gerador de ensino aprendizagem. 2005. 120 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.
<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/16027>
- OLIVEIRA, J. Q. P. Atividades Experimentais: Estratégia para auxiliar no ensino de ciências. 2017. 142 f. **Mestrado** (Ensino de Ciências Exatas). Universidade do Grande Rio. Lajeado, 2017. <http://hdl.handle.net/10737/2155>
- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de Ciências:** do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Trad. Naila Freitas. 5a ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- RIBEIRO, N. M; NUNES, C. R. Análise de pigmentos de pimentões por cromatografia em papel. **Química nova na escola**, v. 29, n. 8, p. 34-37, 2008.
<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/08-EEQ-0707.pdf>
- SAMPAIO, F. S. A intencionalidade formativa dos projetos de vida do PNLD 2021. **Ensino em Perspectivas**, v. 3, n. 1, p. 1-25, 2022.
<https://revistas.uece.br/index.php/ensinoemperspectivas/article/view/7315/6803>
- SANTOS, D. B. S. Abordagens de tecnologia presentes nos livros didáticos de química. 2017. 158f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. <https://doi.org/10.11606/D.81.2018.tde-05072018-141953>
- SANTOS, I. F. A música como instrumento lúdico na aprendizagem das interações intermoleculares dos compostos orgânicos. 2020. 121f. **Dissertação** (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.
<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/31437>
- SANTOS, K. C. **Diálogo:** ciências da natureza e suas tecnologias: Energia e sociedade. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Diálogo:** ciências da natureza e suas tecnologias: O universo da ciência e a ciência do universo. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Diálogo:** ciências da natureza e suas tecnologias: Ser humano e meio ambiente. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Diálogo:** ciências da natureza e suas tecnologias: Ser Humano- origem e funcionamento. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.

- _____. **Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias: Terra um sistema dinâmico de matéria e energia.** São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- _____. **Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias: Vida na terra.** São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.
- SERIBELI, F. L. Interações Intermoleculares: elementos para a determinação de uma estrutura conceitual. 2022. 257f. **Tese** (Doutorado em Química) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. <https://doi.org/10.11606/T.46.2022.tde-15022023-163049>
- SERIBELI, F. L.; MAXIMIANO, F. A. Conceitos fundamentais sobre energia de interação a partir de uma revisão bibliográfica do tema interações intermoleculares. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 2, p. 260-285, 2022. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen21/REEC_21_2_6_ex1904_677.pdf
- SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico** [livro eletrônico] 1. ed. São Paulo: Cortez, 2013; e-Pub. Disponível em: [https://www.ufrb.edu.br/ccaaab/images/AEPE/Divulga%C3%A7%C3%A3o/LIVROS/Metodologia do Trabalho Cient%C3%ADfico 1%C2%AA Edi%C3%A7%C3%A3o - Antonio Joaquim Severino - 2014.pdf](https://www.ufrb.edu.br/ccaaab/images/AEPE/Divulga%C3%A7%C3%A3o/LIVROS/Metodologia%20do%20Trabalho%20Cient%C3%ADfico%20-%20Antonio%20Joaquim%20Severino%20-%202014.pdf).
- SILVA, C. V. A. O livro didático de alfabetização: o manual do professor e sua relação com o fazer pedagógico referente ao ensino da leitura e escrita. 2012. 231f. **Dissertação** (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2012. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/12839>
- SILVA, L. M. Estudo de caso sobre interações intermoleculares para aprendizagem de química no ensino médio. 2022. 156f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2022. <http://tede.unicentro.br:8080/jspui/handle/jspui/1958>
- Silva, M. G. D. Análise de livros didáticos: concepções, fundamentos e pressupostos para a formação docente. 2020. 168f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.491>
- SOUSA, M. M. Dialogicidade, experimentação e aprendizagem cooperativa aplicadas ao ensino de ligações químicas e interações intermoleculares. 2015. 97 f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/13982>
- SUCUPIRA, I. S. Sequência Didática Como Estratégia Facilitadora do Processo de Ensino Aprendizagem das Frações. 2017. 133 f. **Mestrado** (Ensino das Ciências). Universidade do Grande Rio. Duque de Caxias, 2017. <http://localhost:8080/tede/handle/tede/293>

THOMPSON, M. et al. **Conexões** ciências da natureza e suas tecnologias: Conservação e transformação. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.

_____. **Conexões** ciências da natureza e suas tecnologias: Energia e ambiente. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.

_____. **Conexões** ciências da natureza e suas tecnologias: Matéria e energia. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.

_____. **Conexões** ciências da natureza e suas tecnologias: Saúde e tecnologia. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.

_____. **Conexões** ciências da natureza e suas tecnologias: Terra e equilíbrio. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.

_____. **Conexões** ciências da natureza e suas tecnologias: Universo, materiais e evolução: 1. Ed. Moderna, 2020.

XAVIER, L. E. O céu e o universo nos livros didáticos de ciências da natureza do ensino médio: uma análise do PNLD 2021. 2022. 70f. **Dissertação** (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/29862>

ZAMBELLI, M. H. Uma aplicação da teoria do núcleo central sobre os principais conceitos associados às interações intermoleculares. 2022. 168f. **Mestrado** (Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2022.

<https://doi.org/10.11606/D.81.2022.tde-08092022-144252>

ZAMBONI, A.; BEZERRA, L. M. **Ser protagonista**: Ciências da natureza e suas tecnologias: Ambiente e ser humano. São Paulo: 1. Ed. Edições SM, 2020.

_____. **Ser protagonista**: Ciências da natureza e suas tecnologias: Composição e estrutura dos corpos. São Paulo: 1. Ed. Edições SM, 2020.

_____. **Ser protagonista**: Ciências da natureza e suas tecnologias: Energia e transformações. São Paulo: 1. Ed. Edições SM, 2020.

_____. **Ser protagonista**: Ciências da natureza e suas tecnologias: Evolução, tempo e espaço. São Paulo: 1. Ed. Edições SM, 2020.

_____. **Ser protagonista**: Ciências da natureza e suas tecnologias: Matéria e transformações. São Paulo: 1. Ed. Edições SM, 2020.

_____. **Ser protagonista**: Ciências da natureza e suas tecnologias: Vida, saúde e genética. São Paulo: 1. Ed. Edições SM, 2020.

APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Interações intermoleculares a partir da diferença de volatilidade: Uma sequência didática

1. Dados de Identificação

Professor: Juscelino Pereira da Silva

Disciplina: Química

Turma/: 2ºs anos.

Turno: Matutino

Data: Outubro de 2024

Duração: 2 aulas de 50 minutos cada.

2. Tema Central: Interações Intermoleculares.

3. Objetivos: Compreender o conceito e identificar os diferentes tipos de interações intermoleculares (dipolo permanente-dipolo permanente, ligações de hidrogênio e dipolo instantâneo-dipolo induzido). Relacionar as interações intermoleculares com as propriedades físicas das substâncias.

4. Conteúdos: Volatilidade; Pressão de vapor; Interações Intermoleculares: dipolo permanente-dipolo permanente, dipolo instantâneo-dipolo induzido e ligações de hidrogênio.

5. Pré-requisitos: Mudanças de estado físico e Soluções.

1ª aula

Atividades de aprendizagem:

Atividade inicial (motivação): Inicialmente será realizada uma discussão com os alunos em cima das seguintes questões: *“Porque a manicure ao utilizar removedor de esmalte à base de acetona, fecha o frasco rapidamente? E por que nossas mãos não*

têm esse mesmo tipo de preocupação ao utilizar óleos e azeites para temperar uma salada?”.

Atividade de desenvolvimento: Na sequência, será destacado para os estudantes que eles irão realizar a seguinte atividade experimental abaixo, com o intuito de estudar a volatilidade de diferentes líquidos.

Volatilidade de diferentes líquidos

Introdução:

Em nosso cotidiano, muitas vezes não temos consciência de que muitas substâncias evaporam. Nossas roupas são lavadas e secam. Se abrimos um frasco de perfume, logo o cheiro se espalha. Ao utilizar removedor de esmalte de unhas à base de acetona, uma manicure rapidamente fecha o frasco, pois ela sabe que esse removedor evapora muito rápido. Não nos preocupamos, entretanto, em fechar os recipientes que contêm óleo ou azeite quando temperamos uma salada.

A facilidade com que uma substância evapora é chamada volatilidade. Assim, uma substância é considerada mais volátil que outra se evapora mais rapidamente que ela. Mas, o que diferencia uma substância ser mais volátil que a outra?



Objetivo: Estudar a volatilidade de diferentes líquidos.

Materiais e Reagentes:

- Água (H_2O);
- Removedor de esmalte (acetona) (CH_3COCH_3);
- Solvente orgânico (toluol) ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$);
- Guardanapos coloridos;
- Conta-gotas;

Cronômetro.

Procedimento: Sobre o guardanapo, adicione separadamente 3 gotas de cada um dos solventes a serem observados (água, acetona e toluol). Com o auxílio do cronômetro, anote o tempo que cada um dos líquidos levou para sua completa evaporação.

Discussão:

- 1) Qual a ordem crescente de evaporação dos líquidos?
- 2) Como vocês podem explicar o que observaram?
- 3) Se os líquidos utilizados nesta atividade experimental estivessem dentro de recipientes fechados, aos quais fossem conectados instrumentos para medir a pressão interna sobre o líquido, o que poderíamos dizer em relação à pressão medida?

Referência:

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Química: Ensino Médio. 1ª ed. São Paulo: Scipione, v. 2. 2010, p. 227.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (org) **Química e Sociedade**. 1ª ed. São Paulo: Nova Geração, v. único, 2008, p. 431.

Atividade de avaliação: Os alunos serão avaliados durante a aplicação do experimento.

2ª aula

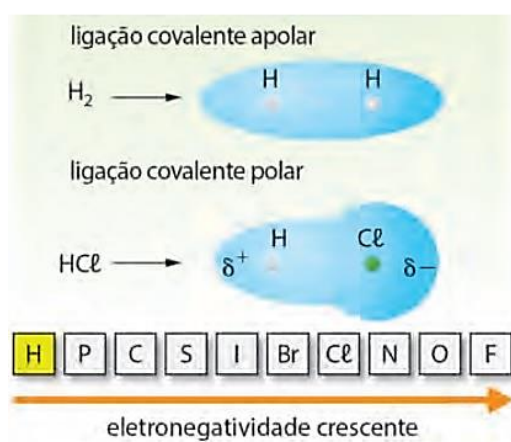
Atividades de aprendizagem:

Atividade inicial (motivação): Será discutido com os alunos, como visto na aula anterior, diferentes solventes podem apresentar volatilidade e pressão de vapor diferentes. Tais características estão diretamente relacionadas à estrutura molecular que forma cada substância, onde as interações intermoleculares existentes em cada uma delas influenciam as propriedades físicas das substâncias (ponto de fusão,

ebulição e viscosidade). Em seguida, os seguintes conteúdos abaixo serão apresentados e explicados aos alunos com o auxílio de slides.

Atividade de desenvolvimento: As interações intermoleculares são explicadas a partir do conceito de polaridade das moléculas. Tendo como exemplo de molécula polar a molécula de ácido clorídrico (HCl) e apolar a molécula de hidrogênio (H₂), as moléculas se dispõem de acordo com suas densidades eletrônicas.

Figura 1- Molécula apolar de H₂ e molécula polar de HCl com suas respectivas densidades eletrônicas



Fonte: (Godoy; Agnolo; Melo, 2020, p. 82)

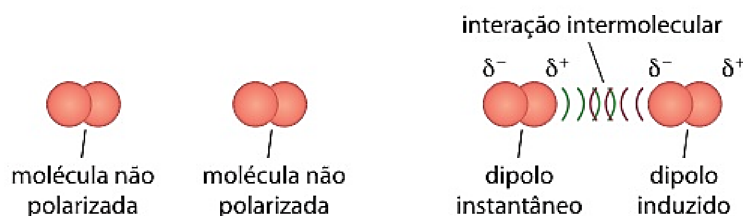
Na molécula do ácido clorídrico (HCl), o átomo de cloro é mais eletronegativo do que o de hidrogênio e atrai os elétrons da ligação com maior intensidade, formando um polo negativo (δ^-) ao seu redor. Simultaneamente, forma-se também um polo positivo (δ^+) na região oposta da molécula, que fica com menor densidade eletrônica. Moléculas com dois polos, ou dipolos, como o ácido clorídrico, são polares. Nas moléculas em que não há formação de dipolos, como o gás hidrogênio e o gás carbônico, os elétrons ficam distribuídos de maneira homogênea, e elas são classificadas como apolares. No caso do gás hidrogênio, não há diferença de eletronegatividade entre os átomos. No caso do gás carbônico, em que há diferença, a polaridade de uma ligação anula a da outra, o que torna a molécula como um todo apolar.

As interações intermoleculares são divididas em três tipos: dipolo-dipolo ou dipolo permanente, ligação hidrogênio e dipolo induzido.

A interação do tipo **dipolo instantâneo-dipolo induzido** ocorre através da aproximação de moléculas apolares, que induz à formação de dipolos instantâneos

devido a repulsão da nuvem eletrônica, provocando um deslocamento de elétrons para a região contrária. Como exemplo temos a molécula do gás oxigênio (O_2).

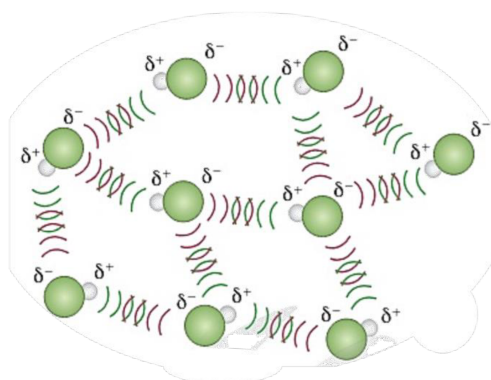
Figura 2 – Efeito da interação intermolecular dipolo instantâneo-dipolo induzido com a molécula de O_2



Fonte: (Santos, 2020, p. 26)

Outro tipo de interação que ocorre entre as moléculas denomina-se como **dipolo permanente-dipolo permanente**. Tais interações ocorrem entre moléculas polares, as quais não apresentam distribuição uniforme de suas cargas. Essa distribuição assimétrica de cargas é responsável pela formação de dipolos elétricos permanentes, o que faz surgir atração eletrostática ($\delta^+ \leftrightarrow \delta^-$) permanente entre os caracteres parciais contrários de seus dipolos elétricos, atraindo suas moléculas polares. Nessa interação, o átomo mais eletronegativo de uma molécula é atraído pelo átomo menos eletronegativo de outra. Como exemplo, temos a representação da interação intermolecular do HCl.

Figura 3 – Representação da interação intermolecular do HCl



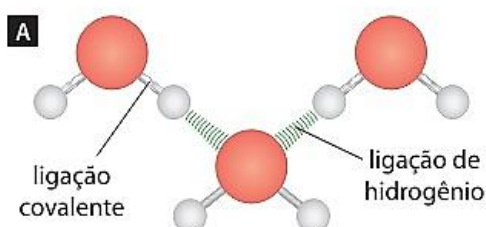
Fonte: (Santos, 2020, p. 26)

A última dos três tipos de interações intermoleculares que pode ocorrer entre as moléculas é denominada como **ligações de hidrogênio**, que é “um caso particular de interação dipolo permanente-dipolo permanente”. As ligações de hidrogênio são

interações intermoleculares de alta intensidade. Ocorrem em moléculas que apresentam um átomo de hidrogênio ligado a um átomo de flúor (F), de oxigênio (O) ou de nitrogênio (N), os quais são os elementos químicos com maior eletronegatividade. Essas ligações/interações ocorrem quando há atração entre o átomo de hidrogênio (δ^+) de uma molécula e um átomo de flúor, oxigênio ou nitrogênio (δ^-) de outra molécula.

A molécula de água é tida como um bom exemplo para seu estudo, uma vez que mesmo sendo pequena, apresenta alta polaridade, fazendo com que interaja fortemente formando interações do tipo ligações de hidrogênio com as moléculas em seu entorno.

Figura 4 – Representação das ligações de hidrogênio que ocorrem entre moléculas de água



Fonte: (Santos, 2020, p. 27)

Em sequência, os estudantes irão realizar a seguinte atividade experimental.

Geometria Molecular e Interações Intermoleculares

Introdução: Os solventes água (H_2O), acetona (CH_3COCH_3) (vistos na primeira aula) e o gás metano (CH_4), apresentam fórmulas moleculares diferentes. Vamos aprender a montar as estruturas destas moléculas?

Objetivo: Entender como são formadas as estruturas moleculares e identificar o tipo de geometria molecular de cada uma e ainda as interações intermoleculares presentes.

Materiais e Reagentes:

Massa de modelar de diferentes cores

Palito de dentes

Canudo

Hastes de cotonete

Palito de pirulito

Procedimento: Tendo as imagens abaixo como exemplo, monte cada uma das moléculas dos solventes utilizando a massa de modelar para representar os átomos e o palito de dentes para representar as ligações químicas. Já as interações intermoleculares **deverão** ser representadas da seguinte forma:

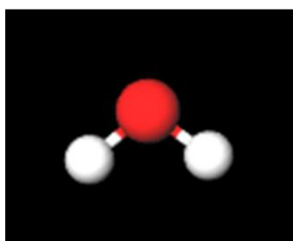
Canudo – dipolo instantâneo-dipolo induzido;

Hastes de cotonete – dipolo permanente-dipolo permanente;

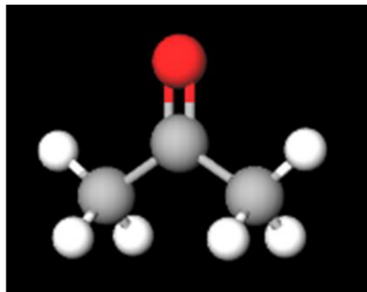
Palito de pirulito – ligação de hidrogênio.

Cada grupo deve montar **duas** moléculas de cada substância e representar a interação intermolecular existente entre elas, **utilizando o tipo de material correto**.

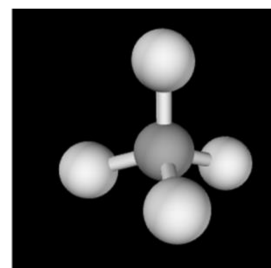
Atenção: na montagem das moléculas, utilize cores diferentes para cada um dos átomos! Por exemplo, verde para carbono (C), azul para oxigênio (O) e amarelo para hidrogênio (H).



Água - H_2O



Propanona - $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$



Metano - CH_4

Após a realização desta atividade, responda o seguinte Checklist abaixo.

CHECKLIST

Para cada uma das moléculas construídas, apresente:

<i>Fórmula molecular</i>	<i>Geometria molecular</i>	<i>Interação Intermolecular</i>
Água:	Água:	Água:
Acetona:	Acetona:	Acetona:
Metano:	Metano:	Metano:

Para a montagem das moléculas, as interações intermoleculares foram representadas por diferentes materiais. De acordo com a escolha destes materiais, classifique em **ordem crescente**, as interações intermoleculares presentes em cada uma das moléculas.

Em relação às ligações químicas presentes nas moléculas construídas nesta atividade, as interações intermoleculares são mais fortes ou mais fracas? Justifique sua resposta.

Atividade de avaliação: Os alunos serão avaliados em 3 pontos na entrega da atividade “Checklist” a ser respondida ao fim da atividade experimental.

6. Recursos Didáticos

- Pinceis e quadro;
- Slides;
- Experimento.

7. Referências Bibliográficas

- BETTELHEIM, Frederick A.; BROWN, William H.; CAMPBELL, Mary K.; FARRELL, Shawn O. **Introdução à química geral: Tradução da 9ª edição norte-americana**. Cengage Learning Brasil, 2016. E-book. ISBN 9788522126354.

Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522126354/>.

Acesso em: 13 mar. 2024.

- GODOY, L. P.; DELL' AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. Multiversos: Ciências da natureza: Matéria, energia e a vida. São Paulo: 1. Ed. Editora FTD, 2020.

- SILVA, L. M. **Estudo de caso sobre interações intermoleculares para aprendizagem de química no ensino médio.** 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Centro-Oeste.

- SANTOS, K. C. Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias: Vida na terra. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.

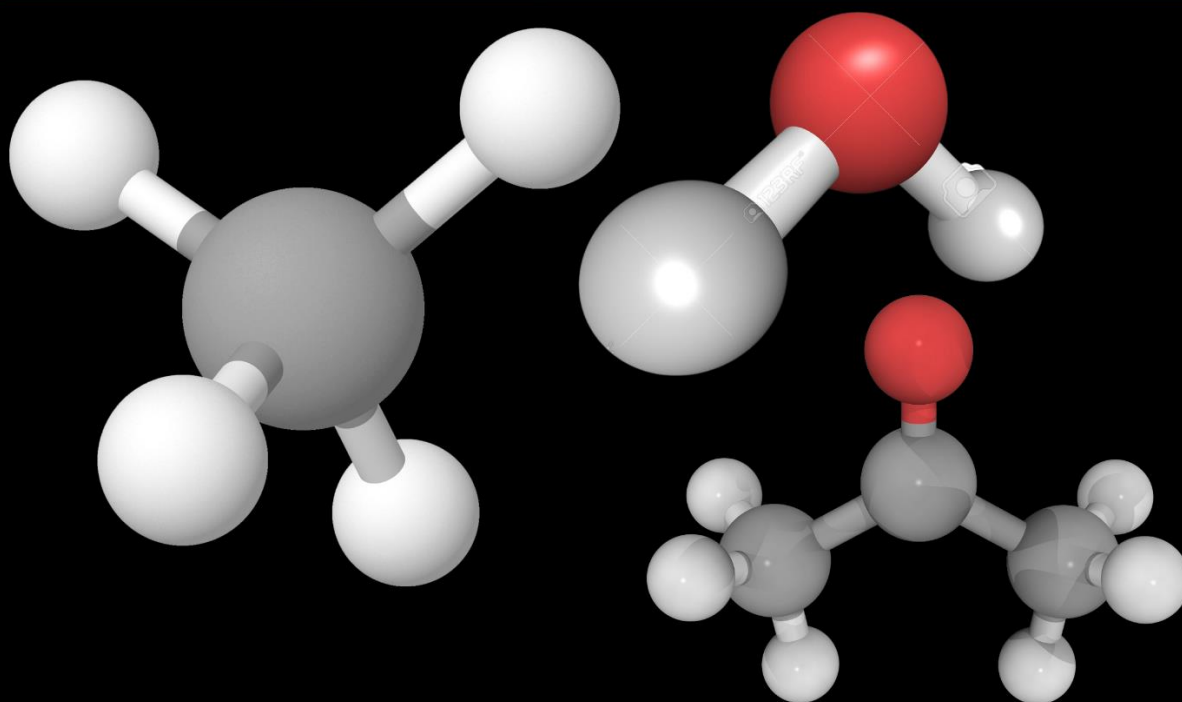
APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL



INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

A PARTIR DA DIFERENÇA DE VOLATILIDADE:

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

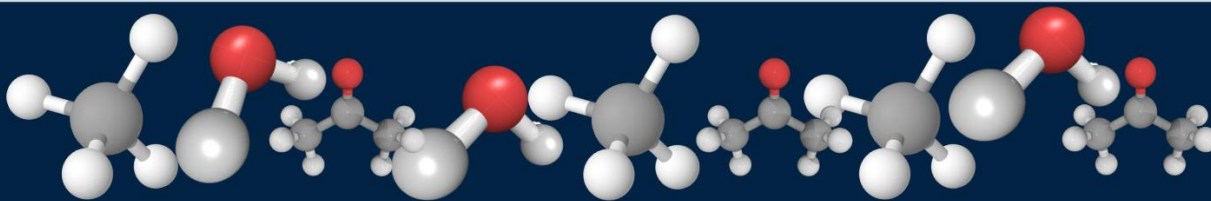


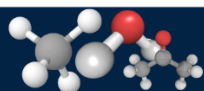
JUSCELINO PEREIRA DA SILVA

SUMÁRIO



APRESENTAÇÃO	3
METODOLOGIA	4
SEQUÊNCIA DIDÁTICA	5
AULA 1	6
ENCAMINHAMENTO DA AULA	6
ROTEIRO EXPERIMENTAL	7
 AULA 2	 10
ENCAMINHAMENTO DA AULA	10
 AULA 3	 19
ENCAMINHAMENTO DA AULA	19
ROTEIRO EXPERIMENTAL	20
 AULA 4	 23
ENCAMINHAMENTO DA AULA	23
CHECKLIST	24
 REFERÊNCIAS	 25





APRESENTAÇÃO

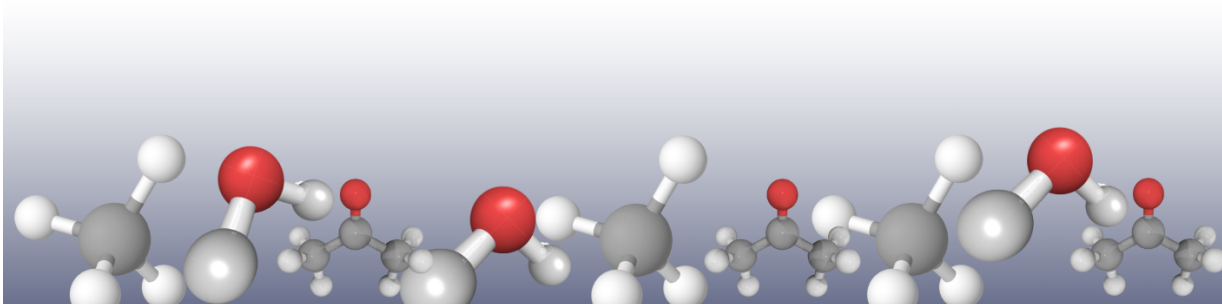
Caro docente, tendo em vista as dificuldades apresentadas por professores e o suporte insuficiente apresentado nos manuais do professor contidos nos livros didáticos adotados no PROGRAMA Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) de 2021, esta sequência didática (SD) traz as Interações Intermoleculares como tema central.

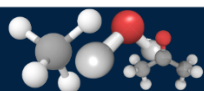
De acordo com Sucupira (2017), a SD é tida como um tipo de ferramenta que pode auxiliar o aluno na construção de seu conhecimento, envolvendo um conjunto de atividades a serem aplicadas de maneira sequencial sobre um conteúdo específico.

O produto educacional apresentado neste trabalho foi elaborado a partir da dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal de Uberlândia, intitulada: “Desenvolvimento de uma sequência didática a partir da análise da abordagem sobre interações intermoleculares nos manuais do professor do PNLD 2021”, defendida em março/2025. A dissertação foi planejada tendo como objetivo desenvolver uma sequência didática, assim como sugere o título da pesquisa.

Como público alvo, a aplicação deste produto é destinada à professores de Educação Básica que atuam no Ensino Médio, servindo como um aporte através de atividades experimentais a serem realizadas pelos estudantes, contribuindo para um aprimoramento do processo de ensino e aprendizagem. O produto se divide em: apresentação ao leitor, metodologia e encaminhamento para as aulas da SD.

Este produto educacional foi aplicado à oito turmas do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública, durante a realização das aulas da disciplina de Química. As aulas foram ministradas enquanto mestrando, sendo acompanhadas pela professora regente, sendo atividade obrigatória da disciplina “Prática docente Supervisionada” do programa. Este produto foi validado pelos membros da banca de qualificação e de defesa da dissertação.





METODOLOGIA

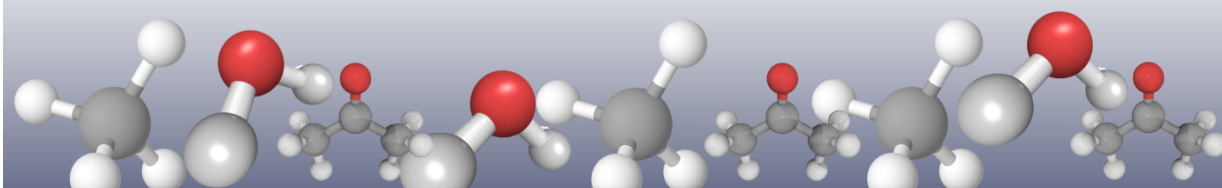
Para a realização desta SD, são utilizadas duas atividades experimentais para o desenvolvimento do conteúdo. De acordo com Oliveira (2017), através do uso de atividades experimentais como metodologia, se consegue desenvolver tanto o aspecto cognitivo dos alunos quanto sua criticidade, agindo ainda como objeto de motivação para que estes se interessem e sejam mais participativos durante as aulas.

A elaboração desta SD foi desenvolvida para ser aplicada em 4 (quatro) aulas de 50 minutos cada, em turmas de 2º ano do Ensino Médio, no ensino regular. O conteúdo principal escolhido foi Interações Intermoleculares, partindo dos conceitos de Volatilidade e Pressão de Vapor, que normalmente estão associados às Propriedades Coligativas.

A importância do conteúdo de Interações Intermoleculares é explicada por Bettelheim e colaboradores (2016), onde estes afirmam que grande parte das propriedades físicas, como por exemplo os pontos de fusão e ebulição e a viscosidade das substâncias, são determinadas por este tipo de interação entre as moléculas.

Junqueira e Maximiniano (2020, p. 106) destacam que “a compreensão de que enquanto as ligações químicas unem os átomos em uma molécula e constituem a base para a definição das propriedades químicas, as interações intermoleculares influenciam as propriedades físicas da matéria”.

Para a aplicação desta SD são propostas atividades experimentais simples e de fácil execução, com o intuito de que, ao final destas, os estudantes sejam capazes de compreender o conceito e identificar os diferentes tipos de interações intermoleculares (dipolo permanente-dipolo permanente, ligações de hidrogênio e dipolo instantâneo-dipolo induzido). É esperado ainda que os estudantes consigam relacionar tais interações com as propriedades físicas das substâncias.

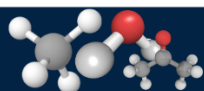


5



SEQUÊNCIA DIDÁTICA





AULA 1

DISCIPLINA: QUÍMICA

TURMA: ENSINO MÉDIO - 2ºS ANOS.

OBJETIVOS: ESTUDAR A VOLATILIDADE DE DIFERENTES LÍQUIDOS.

CONTEÚDO: VOLATILIDADE E PRESSÃO DE VAPOR.

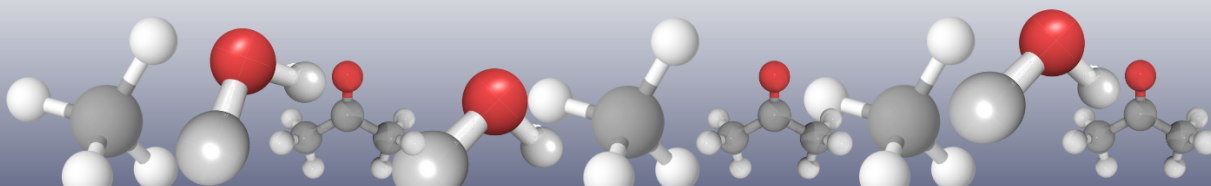
RECURSOS DIDÁTICOS: PINCÉIS E QUADRO

Encaminhamento da aula:

Inicialmente, os estudantes devem ser encaminhados para o laboratório de Ciências da escola, sendo orientados a formarem grupos de 4 a 5 integrantes. É recomendado que o laboratório seja previamente organizado, com as mesas e cadeiras a serem utilizados por cada grupo e ainda com os materiais necessários para a realização da prática (roteiro experimental e materiais e reagentes). Caso não haja laboratório de Ciências na escola, a realização desta prática pode ser feita em sala de aula, com pequenas adaptações - como por exemplo, levar baldes ou recipientes maiores, para o descarte dos materiais. Assim como a substituição de vidrarias por copos.

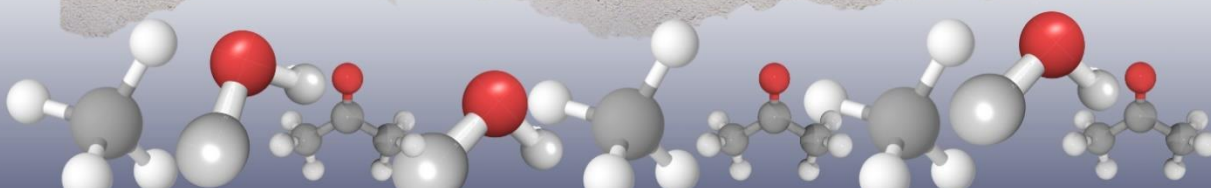
No primeiro momento, será iniciada uma discussão com os alunos pautada nas seguintes questões: “porque a manicure ao utilizar removedor de esmalte à base de acetona, fecha o frasco rapidamente? E porque não temos esse mesmo tipo de preocupação ao utilizar óleos e azeites para temperar uma salada em nossas casas?”.

Em sequência, os estudantes realizarão a atividade experimental, descrita no roteiro a seguir:



ROTEIRO EXPERIMENTAL: VOLATILIDADE DE DIFERENTES LÍQUIDOS

Introdução: Em nosso cotidiano, muitas vezes não temos consciência de que muitas substâncias evaporam. Nossas roupas são lavadas e secam. Se abrimos um frasco de perfume, logo o cheiro se espalha. Ao utilizar removedor de esmalte de unhas à base de acetona, uma manicure rapidamente fecha o frasco, pois ela sabe que esse removedor evapora muito rápido. Mas não nos preocupamos, entretanto, em fechar os recipientes que contêm óleo ou azeite quando temperamos uma salada. A facilidade com que uma substância evapora é chamada volatilidade. Assim, uma substância é considerada mais volátil que outra se evapora mais rapidamente que ela. Mas, o que diferencia uma substância ser mais volátil que a outra?



Objetivo: Estudar a volatilidade de diferentes líquidos.

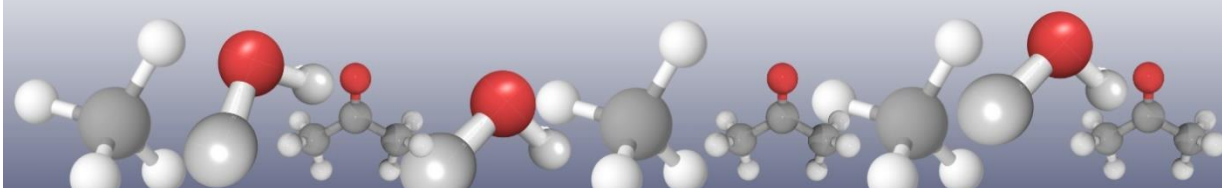
Materiais e Reagentes:

- Água (H_2O);
- Removedor de esmalte (acetona) (CH_3COCH_3);
- Essência de eucalipto ($\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$);
- Guardanapos coloridos;
- Conta-gotas;
- Cronômetro.

Procedimento: Sobre o guardanapo, adicione separadamente 3 gotas de cada um dos solventes a serem observados (água, acetona e essência de eucalipto). Com o auxílio do cronômetro, anote o tempo que cada um dos líquidos levou para sua completa evaporação.

Discussão:

- 1) Qual a ordem crescente de evaporação dos líquidos?
- 2) Como vocês podem explicar o que observaram?
- 3) Se os líquidos utilizados nesta atividade experimental estivessem dentro de recipientes fechados, aos quais fossem conectados instrumentos para medir a pressão interna sobre o líquido, o que poderíamos dizer em relação à pressão medida?



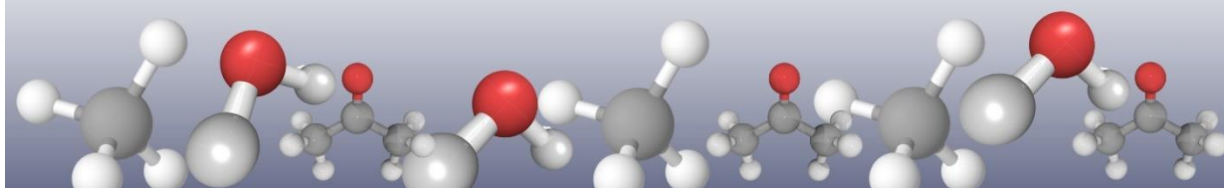
Orientações para a utilização do roteiro experimental:

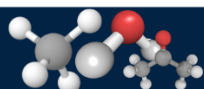
De início, recomenda-se que um dos estudantes faça a leitura da introdução contida no roteiro experimental. Logo após, o objetivo e os materiais e reagentes devem ser apresentados pelo (a) professor(a), e o procedimento experimental explicado aos grupos.

Neste experimento faz-se o uso da essência de eucalipto, como solvente orgânico. Esta substância foi escolhida por estar disponível em estoque nos reagentes contidos no laboratório da escola, assim como pode ser adquirida com facilidade em supermercados ou lojas de materiais de limpeza. Como apresenta uma cadeia carbônica mais complexa para o entendimento dos estudantes, e como nesta fase de ensino os estudantes ainda não tem os conhecimentos prévios necessários para se trabalhar com cadeias carbônicas maiores, o composto em questão não será utilizado no segundo experimento a ser apresentado na aula 3 deste produto. Caso não haja a presença deste solvente na escola, este pode ser substituído por gasolina ou óleo de cozinha, por exemplo.

Após o término da realização do experimento, cada grupo deve responder as questões contidas no roteiro, devendo essas serem entregues ao fim da aula. Cada questão deve ser discutida e explicada a turma, à medida que os estudantes forem as resolvendo.

Como encaminhamento final, deve ser explicado aos estudantes que na aula seguinte, estes irão conseguir entender o porquê da diferença de volatilidade observada, através do entendimento das interações intermoleculares existentes nas substâncias abordadas.





AULA 2

DISCIPLINA: QUÍMICA

TURMA: ENSINO MÉDIO - 2ºS ANOS.

Objetivos: Compreender o conceito e identificar os diferentes tipos de interações intermoleculares (dipolo permanente-dipolo permanente, ligações de hidrogênio e dipolo instantâneo-dipolo induzido). Relacionar as interações intermoleculares com as propriedades físicas das substâncias.

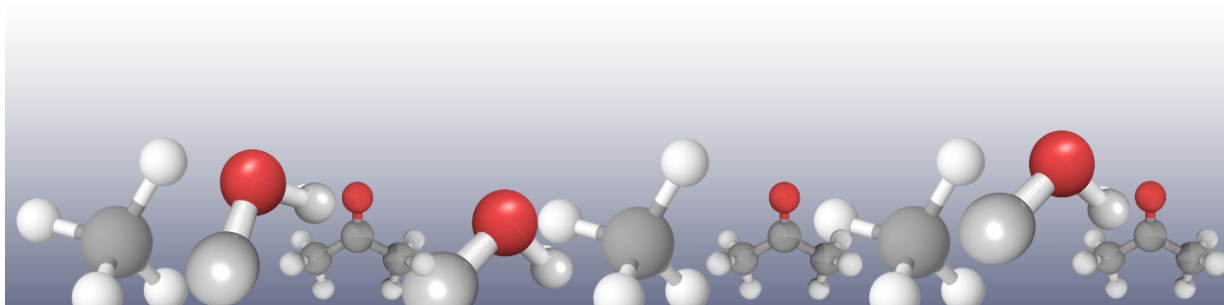
Conteúdo: Geometria Molecular, Eletronegatividade, Polaridade das Moléculas e Interações Intermoleculares: dipolo permanente-dipolo permanente, dipolo instantâneo-dipolo induzido e ligações de hidrogênio.

Recursos Didáticos: Pincéis, quadro e datashow

Encaminhamento da aula:

No primeiro momento deve ser discutido com a turma que, como visto na aula anterior, diferentes solventes podem apresentar volatilidade e pressão de vapor diferentes. Tais características estão diretamente relacionadas à estrutura molecular que forma cada substância, onde as interações intermoleculares existentes em cada uma delas influenciam as propriedades físicas das substâncias (ponto de fusão, ebulição e viscosidade). Em seguida, com o auxílio do Datashow e através do uso de slides, os seguintes conceitos devem ser lembrados aos estudantes: Geometria Molecular, Eletronegatividade, Polaridade das Moléculas e Interações Intermoleculares. Os slides utilizados não serão disponibilizados neste Produto, pois ficará a critério do(a) professor(a) a forma de disposição dos conteúdos.

Nas próximas páginas temos algumas orientações que poderão te ajudar a lembrar estes conceitos.



GEOMETRIA MOLECULAR

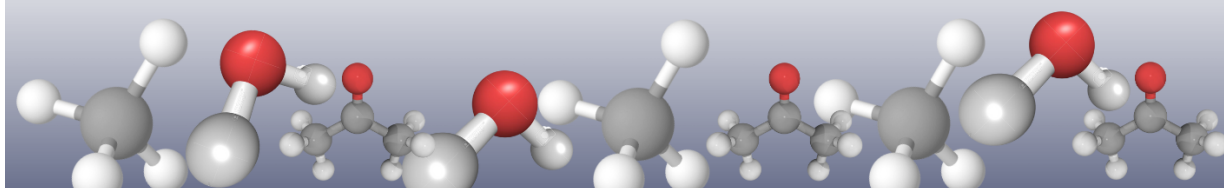
Grande parte das propriedades físicas e químicas das substâncias depende não só das características dos elementos que as constituem, mas também da geometria de suas moléculas.

Para prever a geometria de uma molécula, pode-se proceder do seguinte modo: escreva a fórmula eletrônica da molécula e identifique o átomo central; faça a distribuição espacial dos pares de elétrons da camada de valência ao redor do átomo central; garanta que os pares de elétrons estejam com a máxima distância possível entre eles. Para definir a geometria, observe a distribuição espacial dos átomos envolvidos. Veja, a seguir, a geometria molecular e o modelo espacial de algumas moléculas.

Figura 1: Geometria molecular e o modelo espacial de algumas moléculas

Fórmula eletrônica	Distribuição dos pares de elétrons ao redor do átomo central	Geometria molecular	Distribuição espacial (em cores-fantasia)
$\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{C}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$ 2 pares		$\text{O}=\text{C}=\text{O}$ linear	
$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \vdots \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \vdots \end{array}$ 3 pares		$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ trigonal plana	
$\begin{array}{c} \ddot{\text{S}} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \quad \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$ 3 pares		$\begin{array}{c} \text{S} \\ // \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$ angular	
$\begin{array}{c} \text{H} \\ \vdots \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \vdots \\ \text{H} \end{array}$ 4 pares		$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ tetraédrica	
$\begin{array}{c} \ddot{\text{N}} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ 4 pares		$\begin{array}{c} \text{N} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ piramidal	
$\begin{array}{c} \ddot{\text{O}} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 4 pares		$\begin{array}{c} \text{O} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ angular	

Fonte: (Zamboni; Bezerra, 2020, p. 78)

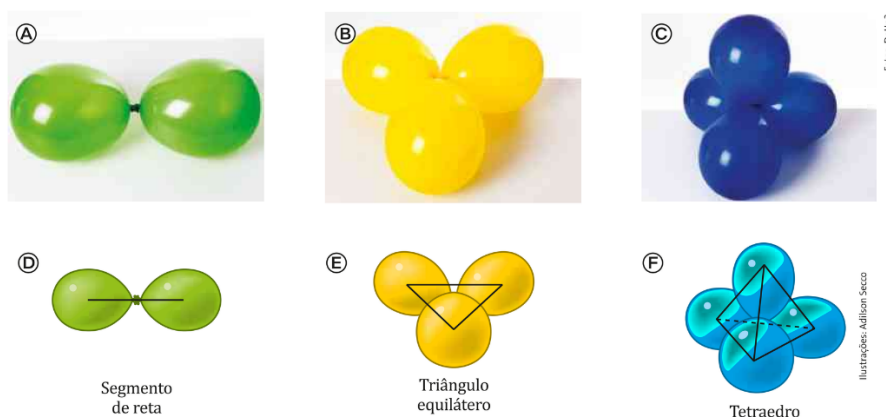


12

GEOMETRIA MOLECULAR

Uma atividade muito explorada em livros de Química é o uso de balões de festas para explicar as diferentes geometrias moleculares, como no detalhe da imagem a seguir. Esta atividade aparece nos livros Mortimer e colaboradores (2021, p. 13-14) e Thompson e colaboradores (2021, p. 119-120). Esta atividade permite uma analogia com a disposição de ligantes em torno do átomo central, localizado no ponto em que os balões se unem.

Figura 1: Geometria molecular e o modelo espacial de algumas moléculas utilizando balões de festas

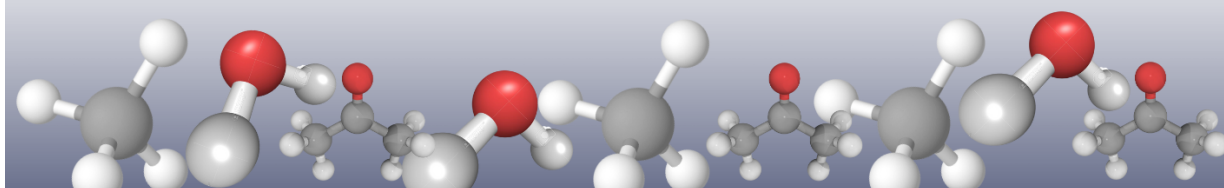


Fonte: (Canto, 2016, p. 165)

Para esta atividade, divida a turma em pequenos grupos (3-4 pessoas). Cada grupo recebe uma molécula para representar com balões, como: CO_2 (linear), BF_3 (trigonal plana), CH_4 (tetraédrica), NH_3 (piramidal) e H_2O (angular) - ou outras que julgar pertinente explorar com sua turma.

É importante que você leve uma cor de balão para representa as ligações com outros átomos e outra cor representa pares de elétrons não ligantes. Por exemplo, no caso representado nas imagens acima, não há pares de elétrons, porém, na figura c) um dos balões azuis poderia ser substituído por um balão branco para representar a geometria piramidal ou dois balões azuis poderiam ser substituídos por balões brancos, para a geometria angular.

Orientações para a montagem: orienta os estudantes a encher os balões com pouco ar, para que fiquem maleáveis e representem os pares de elétrons/ligações. Oriente-os a amarrar os balões de modo a simular os ângulos da geometria esperada.



ELETRONEGATIVIDADE E POLARIDADE DAS MOLÉCULAS

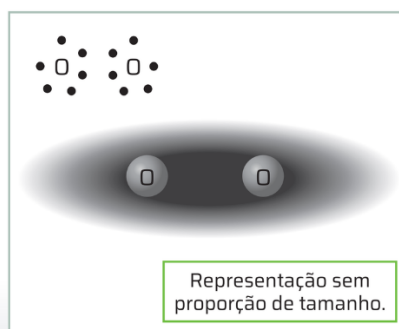
Quando dois átomos estão ligados, há interação elétrica de atração entre os núcleos desses átomos e os elétrons da última camada de ambos. A **eletronegatividade** está relacionada à tendência do núcleo de um átomo a atrair os elétrons envolvidos em uma ligação. Quanto maior for essa tendência de atração, maior será a eletronegatividade do elemento.

O conceito de eletronegatividade foi desenvolvido pelo químico estadunidense Linus Pauling (1901-1994) e possibilitou uma classificação mais abrangente das substâncias. A eletronegatividade é, portanto, uma grandeza que corresponde à capacidade que o átomo de um elemento tem de atrair elétrons da ligação, quando combinado com outro átomo. O átomo que atrai esses elétrons com mais intensidade é mais eletronegativo. Aquele que os atrai com menos intensidade é menos eletronegativo.

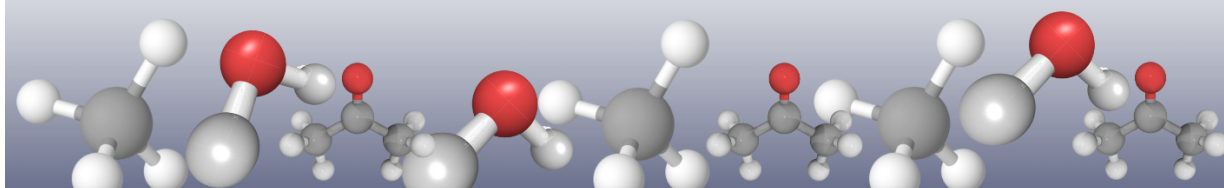
Muitas das propriedades das substâncias moleculares, como temperatura de fusão, temperatura de ebulição e solubilidade, podem ser interpretadas com base na **polaridade** das ligações entre os átomos que as formam. Considere as moléculas dos gases oxigênio (O_2), nitrogênio (N_2), e cloro (Cl_2).

Segundo o modelo estabelecido para as ligações covalentes, os átomos envolvidos nessas ligações compartilham elétrons. Quando esse compartilhamento ocorre entre átomos de mesma eletronegatividade, ambos exercem a mesma força de atração sobre os elétrons da ligação. Logo, a distribuição de cargas no espaço é simétrica, ou seja, não há formação de polos elétricos na molécula, e a ligação química é classificada como **apolar**. Ligações covalentes apolares, portanto, são aquelas em que os elétrons são igualmente compartilhados entre os átomos da ligação.

Figura 2: Representação da distribuição eletrônica que envolve dois átomos de oxigênio (molécula diatômica com ligação apolar).



Fonte: (Zamboni; Bezerra, 2020, p. 77)

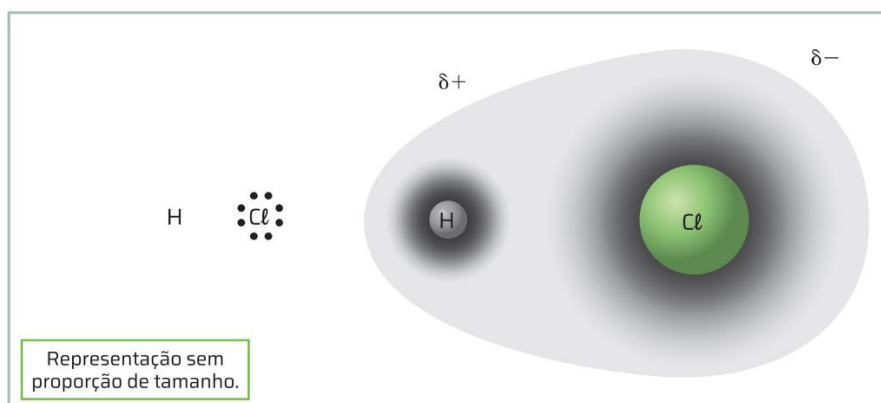


14

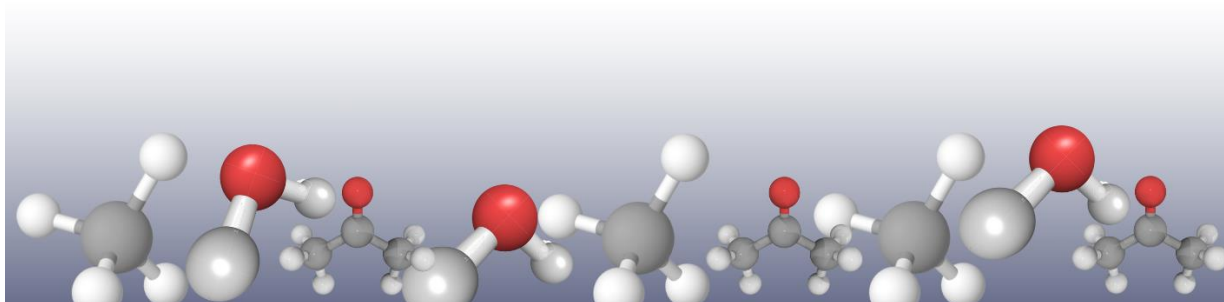
Nas ligações covalentes entre átomos de diferentes eletronegatividades, o mais eletronegativo atrai com maior intensidade os elétrons da ligação, deslocando para si maior densidade de carga negativa. Essa ligação é denominada covalente **polar**. Em uma ligação covalente polar, os dois átomos formam um dipolo elétrico, que resulta em uma carga parcial positiva e em uma carga parcial negativa de mesma intensidade. Na molécula de cloreto de hidrogênio, por exemplo, os elétrons da ligação são mais fortemente atraídos pelo cloro, cuja eletronegatividade é maior.

Ligações covalentes polares são, portanto, aquelas em que os pares de elétrons compartilhados estão mais próximos de um dos átomos da ligação (átomo mais eletronegativo). A região da ligação que apresenta maior densidade de elétrons é representada por δ^- . A região com menor densidade eletrônica é representada por δ^+ .

Figura 3: Representação de distribuição eletrônica que mostra a interação entre um átomo de hidrogênio e um átomo de cloro (molécula diatômica com ligação polar).



Fonte: (Zamboni; Bezerra, 2020, p. 77)



15

A polaridade de uma ligação é uma consequência da simetria ou não com que os elétrons da ligação se distribuem em torno dos átomos envolvidos. Uma molécula apolar é aquela em que os elétrons estão simetricamente distribuídos. Uma molécula polar, por outro lado, tem uma de suas extremidades com maior densidade eletrônica, ou seja, a distribuição de cargas não é uniforme (assimétrica).

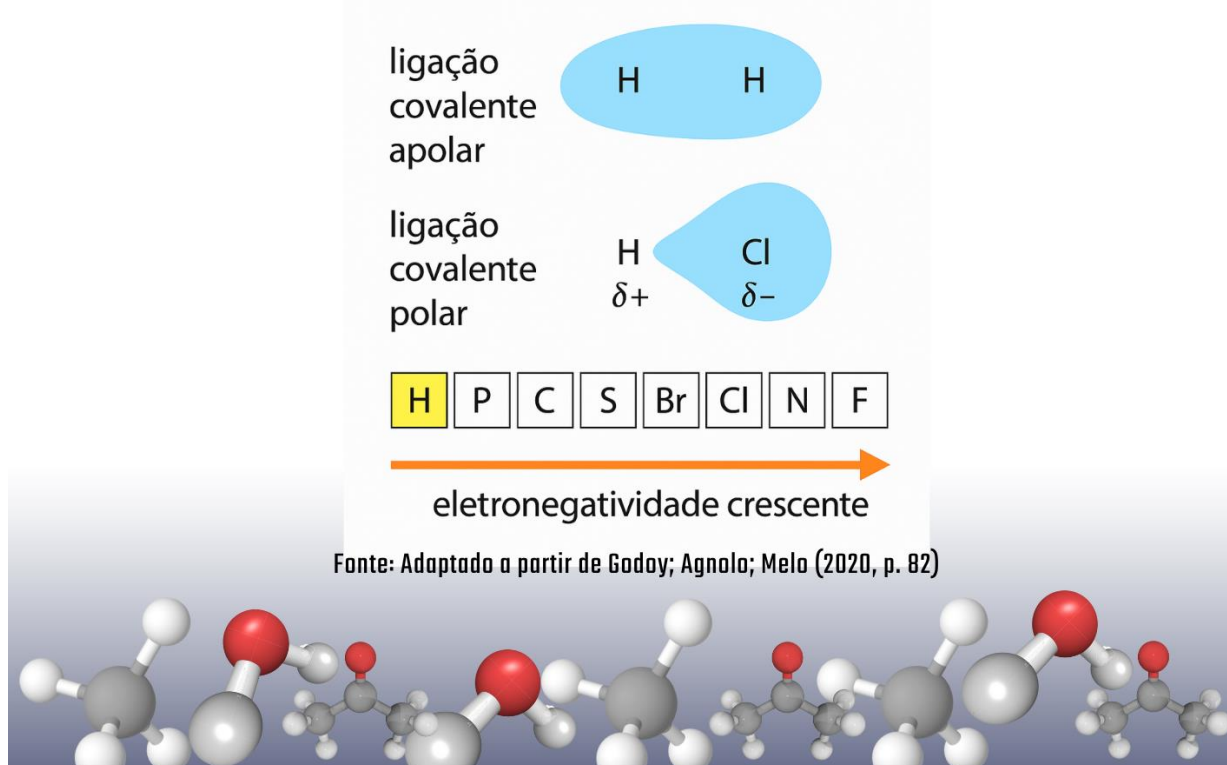
As ligações polares apresentam dipolos elétricos. A intensidade de um dipolo elétrico, que indica a intensidade das cargas parciais, é chamada momento de dipolo ou momento dipolar e é representada por $\vec{\mu}$. O momento dipolar resultante de uma molécula ($\vec{\mu}_R$) é dado pela soma vetorial dos momentos de dipolo de todas as suas ligações.

Uma molécula classificada em apolar apresenta momento de dipolo resultante igual a zero ($\vec{\mu}_R = 0$); na molécula polar, o momento dipolo resultante é diferente de zero ($\vec{\mu}_R \neq 0$).

Interações Intermoleculares

As interações intermoleculares são explicadas a partir do conceito de polaridade das moléculas. Tendo como exemplo de molécula polar a molécula de ácido clorídrico (HCl) e apolar a molécula de hidrogênio (H_2), as moléculas se dispõem de acordo com suas densidades eletrônicas.

Figura 4: Molécula apolar de H_2 e molécula polar de HCl com suas respectivas densidades eletrônicas



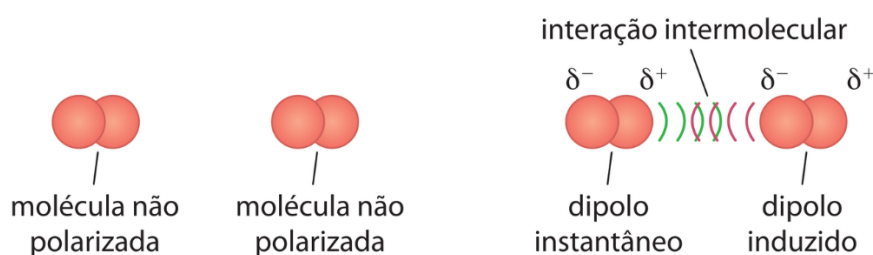
16

Na molécula do ácido clorídrico (HCl), o átomo de cloro é mais eletronegativo do que o de hidrogênio e atrai os elétrons da ligação com maior intensidade, formando um polo negativo (δ^-) ao seu redor. Simultaneamente, forma-se também um polo positivo (δ^+) na região oposta da molécula, que fica com menor densidade eletrônica. Moléculas com dois polos, ou dipolos, como o ácido clorídrico, são polares. Nas moléculas em que não há formação de dipolos, como o gás hidrogênio e o gás carbônico, os elétrons ficam distribuídos de maneira homogênea, e elas são classificadas como apolares. No caso do gás hidrogênio, não há diferença de eletronegatividade entre os átomos. No caso do gás carbônico, em que há diferença, a polaridade de uma ligação anula a da outra, o que torna a molécula como um todo apolar.

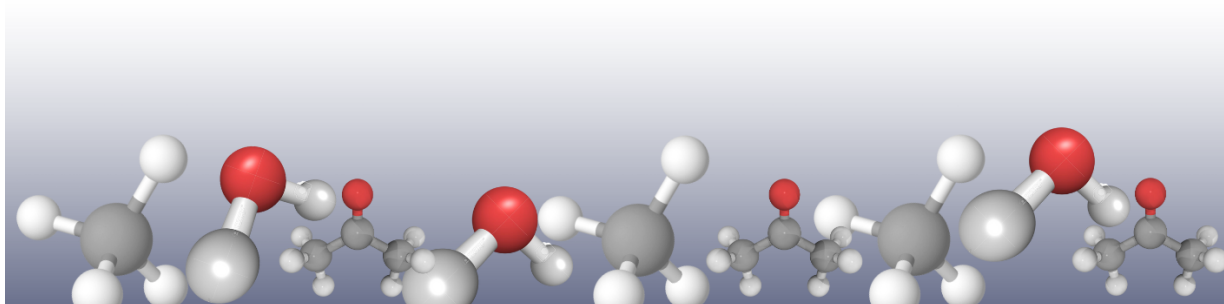
As interações intermoleculares são divididas em três tipos: dipolo-dipolo ou dipolo permanente, ligação hidrogênio e dipolo induzido.

A interação do tipo **dipolo instantâneo-dipolo induzido** ocorre através da aproximação de moléculas apolares, que induz à formação de dipolos instantâneos devido a repulsão da nuvem eletrônica, provocando um deslocamento de elétrons para a região contrária. Como exemplo temos a molécula do gás oxigênio (O_2).

Figura 5: Efeito da interação intermolecular dipolo instantâneo-dipolo induzido com a molécula de O_2



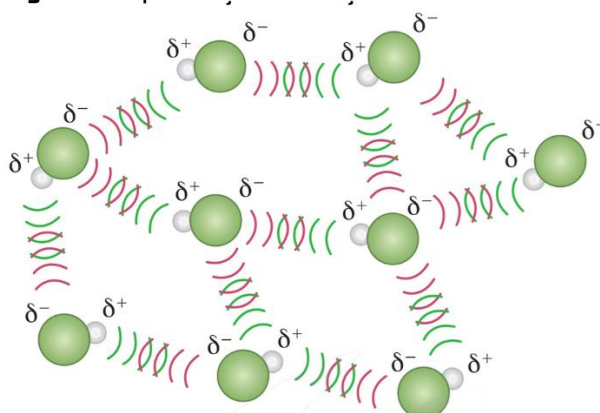
Fonte: (Santos, 2020, p. 26)



17

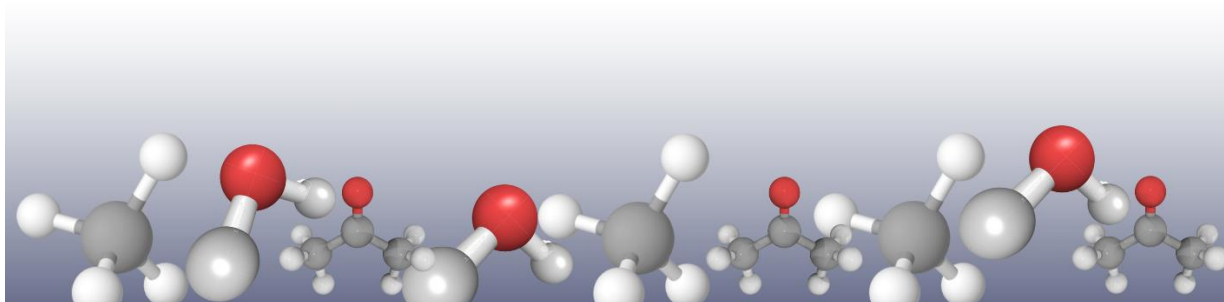
Outro tipo de interação que ocorre entre as moléculas denomina-se como dipolo permanente-dipolo permanente. Tais interações ocorrem entre moléculas polares, as quais não apresentam distribuição uniforme de suas cargas. Essa distribuição assimétrica de cargas é responsável pela formação de dipolos elétricos permanentes, o que faz surgir atração eletrostática ($\delta^+ \leftrightarrow \delta^-$) permanente entre os caracteres parciais contrários de seus dipolos elétricos, atraindo suas moléculas polares. Nessa interação, o átomo mais eletronegativo de uma molécula é atraído pelo átomo menos eletronegativo de outra. Como exemplo, temos a representação da interação intermolecular do HCL .

Figura 6: Representação da interação intermolecular do HCL



Fonte: (Santos, 2020, p. 26)

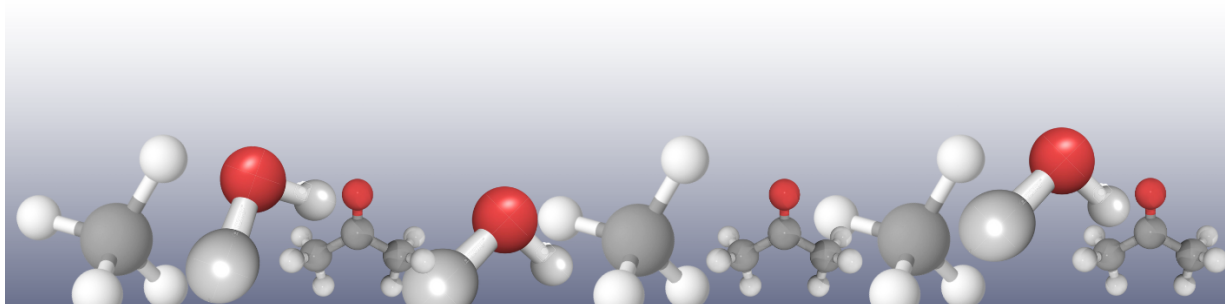
A última dos três tipos de interações intermoleculares que pode ocorrer entre as moléculas é denominada como ligações de hidrogênio, que é “um caso particular de interação dipolo permanente-dipolo permanente”. As ligações de hidrogênio são interações intermoleculares de alta intensidade. Ocorrem em moléculas que apresentam um átomo de hidrogênio ligado a um átomo de flúor (F), de oxigênio (O) ou de nitrogênio (N), os quais são os elementos químicos com maior eletronegatividade. Essas ligações/interações ocorrem quando há atração entre o átomo de hidrogênio (δ^+) de uma molécula e um átomo de flúor, oxigênio ou nitrogênio (δ^-) de outra molécula.

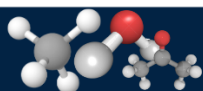


18

Como encaminhamento final, deve ser explicado aos alunos que na aula seguinte, estes irão aprender a “montar” cada uma das moléculas que compõem os solventes utilizados na prática experimental da “Aula 1” descrita anteriormente neste produto. Além disso, estes irão conseguir entender o porquê da diferença de volatilidade observada, através do entendimento das **interações intermoleculares** existentes nas substâncias abordadas.

Caso você queira se aprofundar nestes conceitos, além dos conceitos abordados nos livros didáticos, recomendamos a leitura do artigo Interações Intermoleculares, disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/interac.pdf>, assim como o Guia Didático sobre Geometria e Polaridade, produzido pela PUC-RIO, disponível em <https://goo.su/bVaKtV>.





AULA 3

DISCIPLINA: QUÍMICA

TURMA: ENSINO MÉDIO - 2ºS ANOS.

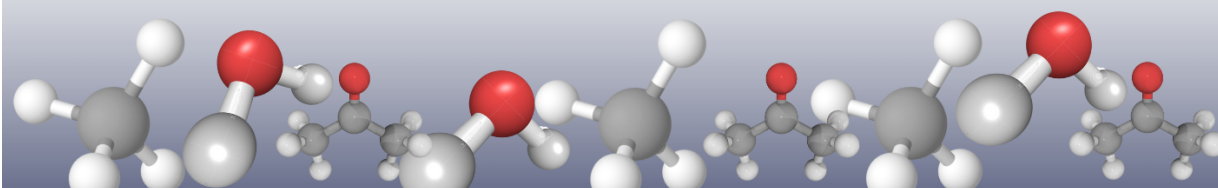
Objetivos: Compreender o conceito e identificar os diferentes tipos de interações intermoleculares (dipolo permanente-dipolo permanente, ligações de hidrogênio e dipolo instantâneo-dipolo induzido) através da montagem das moléculas dos solventes utilizados no experimento presente na “Aula 1” deste produto.

Conteúdo: Geometria Molecular, Eletronegatividade, Polaridade das Moléculas e Interações Intermoleculares (dipolo permanente-dipolo permanente, dipolo instantâneo-dipolo induzido e ligações de hidrogênio).

Recursos Didáticos: Pincéis, quadro e datashow.

Encaminhamento da aula: As orientações iniciais para a realização desta prática, seguem o mesmo direcionamento da aula 1, onde o laboratório de Ciências da escola deve ser previamente organizado, e as mesmas orientações de divisão em grupos repassadas aos alunos. No primeiro momento deve ser discutido com a turma que, como visto na PRIMEIRA AULA, diferentes solventes podem apresentar volatilidade e pressão de vapor diferentes. Tais características estão diretamente relacionadas à estrutura molecular que forma cada substância, onde as interações intermoleculares existentes em cada uma delas influenciam as propriedades físicas das substâncias (ponto de fusão, ebulição e viscosidade).

Antes da realização do experimento apresentado a seguir, deve-se explicar aos alunos que como a essência de eucalipto, utilizada na atividade experimental presente na “Aula 1”, é constituída por uma molécula orgânica, de cadeia complexa - para este nível de aprendizagem, para esta aula, esta será substituída, onde os estudantes irão aprender a construir a molécula que constitui o composto orgânico metano (CH_4). Por esta molécula ser mais fácil de ser trabalhada e pelo fato dos alunos terem bastante contato com esta em futuras aulas em que estiverem estudando compostos orgânicos. Na sequência, os estudantes irão realizar a seguinte atividade experimental apresentada no roteiro a seguir:



ROTEIRO EXPERIMENTAL - GEOMETRIA MOLECULAR E INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Introdução: Os solventes água (H_2O), acetona (CH_3COCH_3) (vistos na primeira aula) e o gás metano (CH_4), apresentam fórmulas moleculares diferentes. Vamos aprender a montar as estruturas destas moléculas?

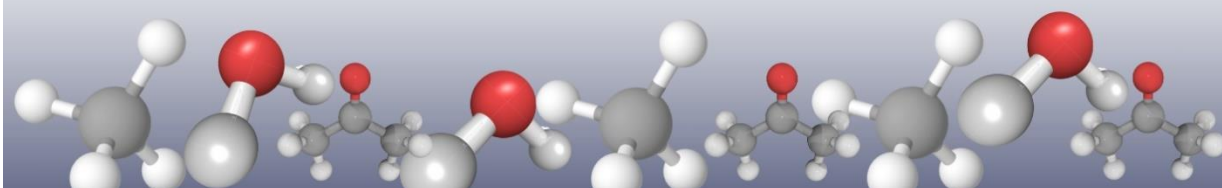
Objetivo: Entender como são formadas as estruturas moleculares e identificar o tipo de geometria molecular de cada uma e ainda as interações intermoleculares presentes.

Materiais e Reagentes:

- Massa de modelar de diferentes cores
- Palito de dentes
- Canudo
- Hastes de cotonete
- Palito de pirulito

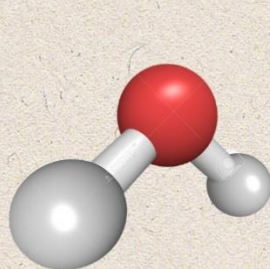
Procedimento: Tendo as imagens apresentadas na próxima página como exemplo, monte cada uma das moléculas das substâncias utilizando a massa de modelar para representar os átomos e o palito de dentes para representar as ligações químicas. Já as interações intermoleculares deverão ser representadas da seguinte forma:

- Canudo – dipolo instantâneo-dipolo induzido;
- Hastes de cotonete – dipolo permanente-dipolo permanente;
- Palito de pirulito – ligação de hidrogênio.

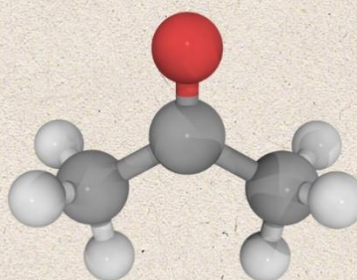


21

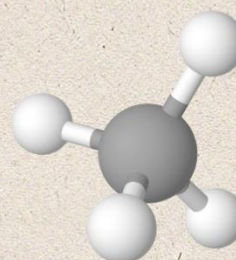
Cada grupo deve montar **duas** moléculas de cada substância e representar a interação intermolecular existente entre elas, **utilizando o tipo de material correto**. Atenção: na montagem das moléculas, utilize cores diferentes para cada um dos átomos! Por exemplo, verde para carbono (C), azul para oxigênio (O) e amarelo para hidrogênio (H).



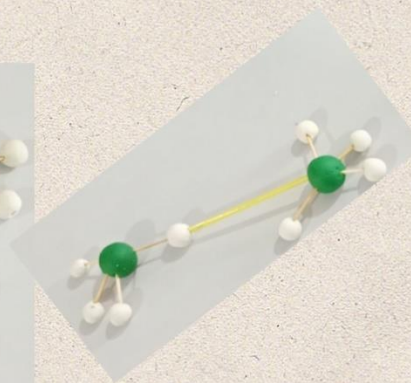
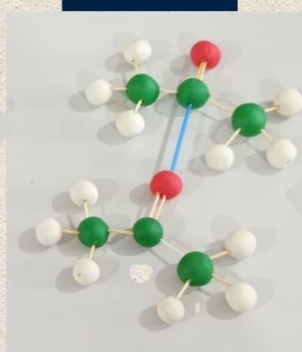
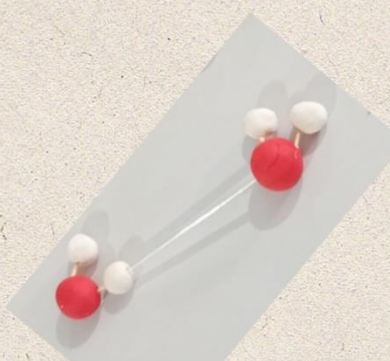
Água - H_2O



Acetona
(Propanona) -
 CH_3COCH_3

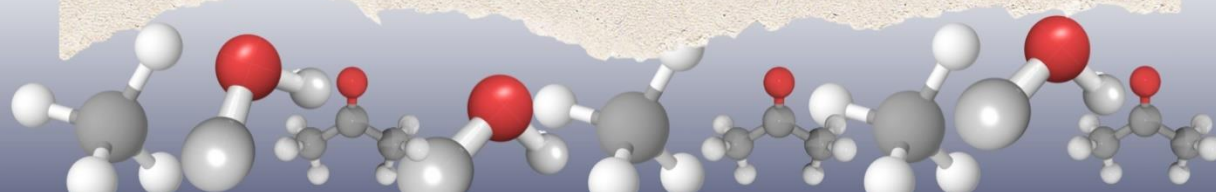


Metano - CH_4



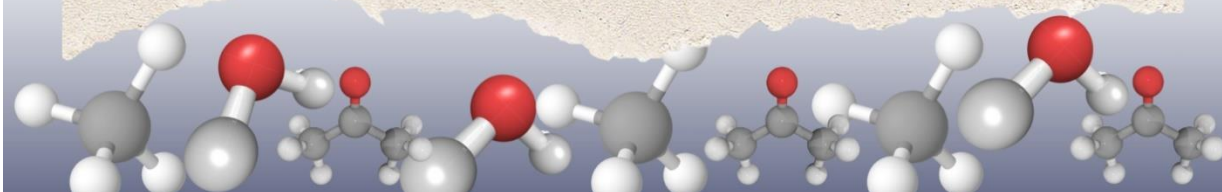
Imagens representando o resultado esperado da montagem das estruturas das moléculas com suas respectivas interações intermoleculares.

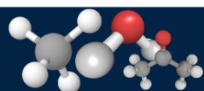
Caso os estudantes tenham dificuldades para visualizar os modelos, uma sugestão é utilizar os modelos do https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-shapes/latest/molecule-shapes_all.html?locale=pt



No manual do professor da obra de Santos (2006), há uma orientação bastante interessante para complementar esta atividade. Caso você tenha tempo, pode aproveitar os modelos criados pelos estudantes para ampliar a discussão sobre os estados físicos da água, conforme a orientação a seguir:

- Na primeira simulação, os átomos de hidrogênio devem estar ligados a átomos de oxigênio, e vice-versa, por meio de interações eletrostáticas fortes. Faça isso de modo que as moléculas formem um hexágono. Diga aos estudantes que essa representação se refere ao estado de agregação sólido da água, ou seja, ao gelo. Mostre que não é possível mover uma molécula sem mover as outras. Isso se reflete no comportamento macroscópico do gelo, que possui forma e volume bem definidos.
- Na segunda simulação, rompa algumas das ligações das moléculas de água, mas não todas, de modo que ainda haja grupos de duas ou três moléculas de água fazendo ligações, mas sem uma estrutura hexagonal definida tal como visto no gelo. Diga que essa representação se refere ao estado de agregação líquido da água. Diga que essas ligações não são fixas, e que, dependendo da proximidade com outra molécula, uma ligação de hidrogênio pode ser estabelecida ou rompida. Isso se reflete no comportamento macroscópico da água líquida, que possui volume definido, mas forma variável a depender do recipiente onde se encontra.
- Na terceira situação, rompa todas as ligações entre as moléculas de água. Reforce que, nessa situação, as interações tornam-se tão fracas que as moléculas se encontram livres e dispersas no espaço. Diga que essa representação se refere ao estado de agregação gasoso da água. Uma interação intermolecular mais forte só será formada na improvável ocasião de uma molécula se aproximar bastante de outra, e essa ligação será rapidamente rompida. Isso se reflete no comportamento macroscópico da água gasosa, que ocupa volume e forma de acordo com o recipiente onde se encontra. (Santos, 2020, p. LIV).





AULA 4

DISCIPLINA: QUÍMICA

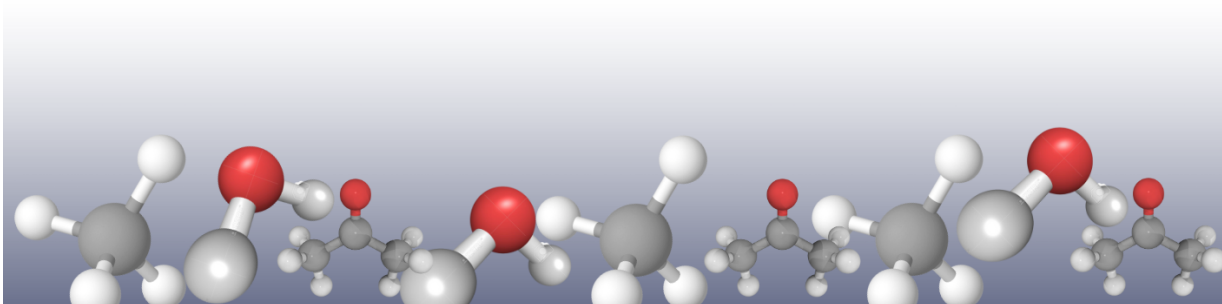
TURMA: ENSINO MÉDIO - 2ºS ANOS.

Objetivos: Verificar se os alunos conseguiriam de fato identificar as diferentes interações intermoleculares presentes em cada uma das moléculas construídas na aula anterior.

Conteúdo: Geometria Molecular e Interações Intermoleculares (dipolo permanente-dipolo permanente, dipolo instantâneo-dipolo induzido e ligações de hidrogênio).

Recursos Didáticos: Pincéis, quadro, papel A4 e impressora.

Encaminhamento da aula: Após os grupos construírem as moléculas e identificarem suas respectivas interações intermoleculares na aula anterior, estes deverão responder a atividade “Checklist” descrita na próxima página. Esta atividade deve ser impressa pelo professor, onde os mesmos grupos de alunos que realizarem o experimento na “Aula 3” irão respondê-la. A atividade deve ser entregue ao final da aula e a forma de avaliação (distribuição de nota) ficará a critério do professor.



CHECKLIST

1) Para cada uma das moléculas construídas, apresente:

Fórmula molecular

Água:

Acetona:

Metano:

Geometria molecular

Água:

Acetona:

Metano:

Interação Intermolecular

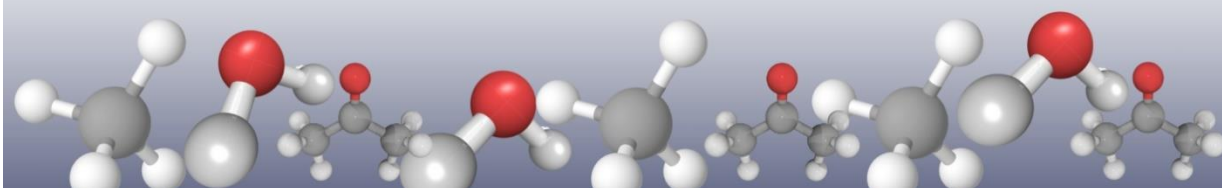
Água:

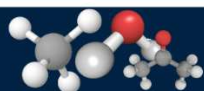
Acetona:

Metano:

2) Para a montagem das moléculas, as interações intermoleculares foram representadas por diferentes materiais. De acordo com a escolha destes materiais, classifique em **ordem crescente**, as interações intermoleculares presentes em cada uma das moléculas.

3) Em relação as ligações químicas presentes nas moléculas construídas nesta atividade, as interações intermoleculares são mais fortes ou mais fracas? Justifique sua resposta.





REFERÊNCIAS

BETTELHEIM, Frederick A.; BROWN, William H.; CAMPBELL, Mary K.; FARRELL, Shawn O. Introdução à química geral: Tradução da 9ª edição norte-americana. Cengage Learning Brasil, 2016. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522126354/>. Acesso em: dezembro de 2024.

GODOY, L. P.; DELL' AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. Multiversos: Ciências da natureza: Matéria, energia e a vida. São Paulo: 1. Ed. Editora FTD, 2020.

JUNQUEIRA, M. M.; MAXIMIANO, F. A. Interações intermoleculares e o fenômeno da solubilidade: explicações de graduandos em Química. Química Nova, v. 43, n. 1, p. 106-117, 2020. <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170449>

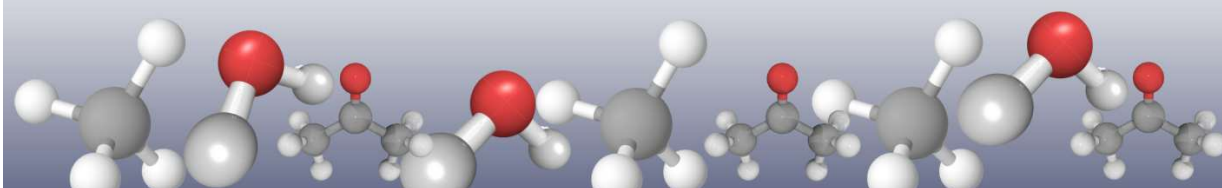
OLIVEIRA, J. Q. P. Atividades Experimentais: Estratégia para auxiliar no ensino de ciências. 2017. 142f. Mestrado (Ensino de Ciências Exatas). Universidade do Grande Rio. Lajeado, 2017.

SANTOS, K. C. Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias: Vida na terra. São Paulo: 1. Ed. Moderna, 2020.

SILVA, L. M. Estudo de caso sobre interações intermoleculares para aprendizagem de química no ensino médio. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Centro-Oeste.

SUCUPIRA, I. S. Sequência Didática Como Estratégia Facilitadora do Processos e Ensino-Aprendizagem das Frações. 2017. 133f. Mestrado (Ensino das Ciências). Universidade do Grande Rio. Duque de Caxias, 2017.

ZAMBONI, A.; BEZERRA, L. M. Ser protagonista: Ciências da natureza e suas tecnologias: Composição e estrutura dos corpos. São Paulo: 1. Ed. Edições SM, 2020.



FICHA TÉCNICA DO PRODUTO EDUCACIONAL

Autor: JUSCELINO PEREIRA DA SILVA

Nível de ensino: Mestrado

Público-alvo: Professores de Química - Ensino Médio

Vínculo do Produto Educacional: Dissertação de Mestrado Profissional - Desenvolvimento de uma sequência didática a partir da análise da abordagem sobre interações intermoleculares nos manuais do professor do PNLD 2021

Programa de ensino: Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática - PPGECEM/UFU.

Categoria deste produto: Material Didático.

Finalidade: Produto educacional gerado a partir da pesquisa desenvolvida no Mestrado Profissional, descrita por meio de relato de pesquisa na dissertação intitulada 'Desenvolvimento de uma sequência didática a partir da análise da abordagem sobre interações intermoleculares nos manuais do professor do PNLD 2021, com a aplicação e os resultados do respectivo produto.

Organização do produto: Juscelino Pereira da Silva, José Gonçalves Teixeira Júnior.

Registro de propriedade intelectual: ISSN 2526-7876

Disponibilidade: Site do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da UFU.

URL: www.ppgecem.ufu.br/produtos-educacionais

Processo de validação: Banca de avaliação do Exame de Qualificação em Docência e Banca Examinadora de Defesa da Dissertação.

Processo de aplicação: Atividades planejadas e aplicadas na Escola de Educação Básica.

Impacto: Médio - PTT gerado no Programa, aplicado no sistema, mas não foi transferido para algum segmento da sociedade.

Origem do produto: Universidade Federal de Uberlândia e a Escola de Educação Básica que o produto foi aplicado.

Palavras-chave: ensino de química, interações intermoleculares, sequência didática.