

**UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL**

Uso de *softwares* no processo de ensino-aprendizagem de isomeria
no contexto da Química Orgânica

Bruno Ruiz Gomes

Dissertação de Mestrado



PROFQUI
PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL

**Araraquara
2020**

Bruno Ruiz Gomes

USO DE *SOFTWARES* NO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DE ISOMERIA NO CONTEXTO DA QUÍMICA
ORGÂNICA

Dissertação apresentada ao Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Dulce Helena Siqueira Silva.

Araraquara

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

G633u Gomes, Bruno Ruiz
Uso de softwares no processo de ensino-aprendizagem
de isomeria no contexto da química orgânica / Bruno Ruiz
Gomes. – Araraquara : [s.n.], 2020
86 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual
Paulista, Instituto de Química
Orientador: Dulce Helena Siqueira Silva

1. Química (Ensino médio). 2. Simulação
(Computadores). 3. Material didático. 4. Estereoquímica.
5. Aprendizagem. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:

"Uso de softwares no processo de ensino-aprendizagem de isomeria no contexto da química orgânica"

AUTOR: BRUNO RUIZ GOMES

ORIENTADORA: DULCE HELENA SIQUEIRA SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em QUÍMICA EM REDE NACIONAL, área: Química pela Comissão Examinadora:



Prof.^a Dr.^a DULCE HELENA SIQUEIRA SILVA (Participação Virtual)
Departamento de Bioquímica e Química Orgânica / Instituto de Química - UNESP - Araraquara



Prof. Dr. MARCO AURELIO CEBIM (Participação Virtual)
Departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica / Instituto de Química - UNESP - Araraquara



Prof. Dr. OSMAIR VITAL DE OLIVEIRA (Participação Virtual)
Câmpus de Catanduva / Instituto Federal de São Paulo - IFSP - Catanduva

Araraquara, 18 de dezembro de 2020

*À minha mãe Alessandra, meu pai
Ozias e meus irmãos André, Karolina e Gabriel
pelo carinho e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela saúde e fé, por proporcionar todas as oportunidades na minha vida.

Agradeço aos amados mãe e pai que sempre forneceram as condições para que prosseguisse em frente com meus estudos. Não posso esquecer também do meu padrasto Aginaldo, que também me forneceu condições para prosseguir em frente com meus estudos.

A minha namorada, Ruth, que esteve presente onde eu mais precisei, com sua sabedoria, paciência, carinho e amor.

A minha orientadora Prof. Dr^a. Dulce Helena Siqueira Silva.

Aos professores que foram responsáveis pela minha trajetória no Instituto de Química. Agradeço a você Prof. Dr. Amadeu Moura Bego, Prof. Dr. Marco Aurélio Cebim, Prof. Dr. Arnaldo Alves Cardoso e Prof^a. Dr^a. Vivian V. França.

Aos amigos e amigas que foram companheiros de formação no ProfQui, Camila, Diego, Josiane, Karina, Marisa e Rodrigo.

Agradeço a toda equipe da escola Instituto Bezerra de Menezes (IBEM).

“Não devemos chamar o povo à escola para receber instruções, postulados, receitas, ameaças, repreensões e punições, mas para participar coletivamente da construção de um saber, que vai além do saber de pura experiência feita, que leve em conta as suas necessidades e o torne instrumento de luta, possibilitando-lhe ser sujeito de sua própria história”.

(Paulo Freire)

Resumo

O presente trabalho é uma investigação a respeito do uso de *softwares* de simulação como ferramenta facilitadora para o processo de ensino-aprendizagem de Química Orgânica. O projeto contou com a participação de 30 alunos de duas turmas de um curso técnico em Química do município de Jaú/SP. A coleta de dados foi realizada em três etapas. A primeira etapa ocorreu durante o ano letivo de 2019 e consistiu no levantamento de conhecimentos prévios e de habilidades de proposição de hipóteses dos alunos, iniciando com a aplicação de uma situação problema envolvendo a presença de isômeros. Logo após, foi aplicado o questionário inicial, com o intuito de levantar as dificuldades e facilitar sua categorização e posteriormente a elaboração da sequência didática. Os conceitos trabalhados foram: isômeros constitucionais; isômeros *cis-trans*; quiralidade; carbonos assimétricos, centros quirais e estereocentros; isômeros com um carbono assimétrico; desenhando enantiômeros; nomeando enantiômeros: o sistema de nomenclatura *R, S* e isomeria óptica. A segunda etapa foi iniciada com a aplicação de aulas teóricas e práticas utilizando como ferramenta o *software* de simulação ACD/ChemSketch®. O software serviu como ferramenta para a visualização das moléculas em diferentes formas de representação e interação com o objeto de estudo. Ao final da intervenção foi aplicado o questionário final, com o intuito de avaliar o desenvolvimento dos alunos e a contribuição do *software* ACD/ChemSketch®. A terceira etapa ocorreu durante o ano letivo de 2020 e consistiu na aplicação do questionário de avaliação do projeto, onde os alunos puderam opinar sobre a eficiência, aprovação e aproveitamento do projeto. Os dados permitiram inferir que a intervenção foi bem-sucedida, os alunos obtiveram bom desempenho e aprovaram a forma como o projeto se sucedeu, o que evidencia a relevância do uso de *softwares* de simulação no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Educação em Química; Software de simulação; Química Computacional; Estereoquímica.

Abstract

This work presents an investigation about the use of the simulation softwares as a facilitating tool for the teaching-learning process of organic chemistry for students of technical level in a private technical school in the city of Jaú, SP. The project was attended by 30 students from two classes of the chemistry technical course. The data collection was carried out in three stages. The first one occurred during the 2019 academic year and consisted of instigating the students' previous knowledge and their ability to propose hypotheses by starting with the application of a problem situation involving the presence of isomers. Afterly, the initial questionnaire was applied in order to diagnosticate the difficulties and to facilitate their categorization and, posteriorly, to elaborate the didatic sequence. It is possible to describe herein the concepts involved in this work: constitutional isomers; *cis-trans* isomers; chirality; asymmetric carbons; chiral centers and stereocenters; isomers with na asymmetric carbono; drawing the enantiomers; naming the enantiomers: the nomenclature system R, S and optical isomerism. The second stage started with the application of theoretical and practical classes using the ACD/ChemSketch® simulation software as a tool. The software served as a reference for visualizing the molecules in different forms of representation and interaction with them. At the end of the investigation, the final questionnaire was applied in order to assess the students' development and the contribution of the ACD/ChemSketch® software. The third stage occurred during the 2020 academic year and consisted of the application of the project evaluation questionnaire, in which the students were able to give their opinion on the efficiency, approval and use of the project. The data allowed us to infer that the intervention was well-succeeded, the students achieved a good performance after the intervention and they approved the way the project was carried out, which shows the relevance of using the simulation software in the teaching-learning process.

Keywords: Chemistry Education; Simulation Software; Computational Chemistry; Stereochemistry.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. A NOVA QUÍMICA TEM TRÊS COMPONENTES BÁSICOS: MACROQUÍMICA, SUBMICROQUÍMICA E QUÍMICA REPRESENTACIONAL.....	15
FIGURA 2. MARTIN KARPLUS, MICHAEL LEVITT E ARIEH WARSHEL, RESPECTIVAMENTE.	22
FIGURA 3: CHEMDRAW ULTRA – VERSÃO 12.0.....	24
FIGURA 4: REPRESENTAÇÕES MOLECULARES (A) “ARAME”, (B) “VARETA”, (C) “BOLA E VARETA”, (D) “VAN DER WAAL’S”.....	25
FIGURA 5: SOFTWARE CHEMSKETCH – VERSÃO 12.01.	26
FIGURA 6: TABELA DE RADICAIS	26
FIGURA 7: JANELA DE MODELOS.....	27
FIGURA 8: AUTOCORREÇÃO PARA VALÊNCIAS.....	27
FIGURA 9. SOFTWARE AVOGADRO – VERSÃO 1.1.1.	28
FIGURA 10. PROPRIEDADES DA MOLÉCULA.....	29
FIGURA 11. PROPRIEDADES ATÔMICAS.	29
FIGURA 12. PROPRIEDADES DE LIGAÇÃO.	30
FIGURA 13. PROBLEMAS 1 E 2.	37
FIGURA 14. QUESTÃO PROBLEMA.....	38
FIGURA 15. QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.	43
FIGURA 16. QUESTÃO 02 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.	45
FIGURA 17. QUESTÃO 03 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.	46
FIGURA 18. QUESTÃO 04 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.	47
FIGURA 19. QUESTÃO 05 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.	49
FIGURA 20. QUESTÃO 06 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.	50
FIGURA 21. QUESTÃO 07 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.	51
FIGURA 22. QUESTÃO 08 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.	52
FIGURA 23. QUESTÃO 09 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.	53
FIGURA 24. QUESTÃO 10 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.	54
FIGURA 25. QUESTÃO 01 DO QUESTIONÁRIO FINAL.	56
FIGURA 26. QUESTÃO 02 DO QUESTIONÁRIO FINAL.	57
FIGURA 27. QUESTÃO 03 DO QUESTIONÁRIO FINAL.	58
FIGURA 28. QUESTÃO 04 DO QUESTIONÁRIO FINAL.	59
FIGURA 29. (R)-(-)-2-BUTANOL E (S)-(+)-2-BUTANOL.	61
FIGURA 30. QUESTÃO 10 DO QUESTIONÁRIO FINAL.	62

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. SEQUÊNCIA DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	36
QUADRO 2. CATEGORIAS PARA A PROBLEMATIZAÇÃO.....	38
QUADRO 3. CATEGORIA 1 DA PROBLEMATIZAÇÃO.	39
QUADRO 4. CATEGORIA 2 DA PROBLEMATIZAÇÃO.	40
QUADRO 5. CATEGORIA 3 DA PROBLEMATIZAÇÃO.	40
QUADRO 6. CATEGORIA 4 DA PROBLEMATIZAÇÃO.	40
QUADRO 7. CATEGORIA 5 DA PROBLEMATIZAÇÃO.	41
QUADRO 8. CATEGORIA 6 DA PROBLEMATIZAÇÃO.	42
QUADRO 9. CATEGORIA 7 DA PROBLEMATIZAÇÃO.	42
QUADRO 10. CATEGORIA 8 DA PROBLEMATIZAÇÃO.	43
QUADRO 11. ALTERNATIVAS DA PERGUNTA 01 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	44
QUADRO 12. ALTERNATIVAS DA PERGUNTA 02 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	46
QUADRO 13. ALTERNATIVAS DA PERGUNTA 03 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	47
QUADRO 14. ALTERNATIVAS DA PERGUNTA 04 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	48
QUADRO 15. ALTERNATIVAS DA PERGUNTA 04 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	49
QUADRO 16. ALTERNATIVAS DA PERGUNTA 06 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	51
QUADRO 17. ALTERNATIVAS DA PERGUNTA 07 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	52
QUADRO 18. ALTERNATIVAS DA PERGUNTA 08 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	53
QUADRO 19. ALTERNATIVAS DA PERGUNTA 09 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	54
QUADRO 20. ALTERNATIVAS DA PERGUNTA 10 DO QUESTIONÁRIO INICIAL.....	55

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. MOTIVOS POR TER GOSTADO DO PROJETO.	63
GRÁFICO 2. GOSTARIA DE CONTINUAR USANDO OS MODELOS TRIDIMENSIONAIS.	64
GRÁFICO 3. APRENDIZAGEM EM VIRTUDE DA INTERAÇÃO COM OS MODELOS TRIDIMENSIONAIS.	64
GRÁFICO 4. CONTRIBUIÇÃO PARA A APRENDIZAGEM.	65
GRÁFICO 5. NÍVEL DE DIFICULDADE ENCONTRADA NAS ATIVIDADES.	65

SUMÁRIO

1. Introdução	14
2. Problema de pesquisa	18
3. Objetivos	18
4 Aportes teóricos ou referencial teórico	20
4.1 A química computacional como instrumento de ensino	20
4.2. Histórico da química computacional e sua utilização.	21
4.3 O uso de <i>softwares</i> como ferramenta no ensino de química	23
5. Procedimentos metodológicos	31
5.1 Natureza do Tipo de Pesquisa	31
5.2 Desenho de pesquisa	31
5.3 Caracterização do ambiente de pesquisa	32
5.4 Caracterização dos sujeitos da pesquisa.	33
5.5 Instrumento de coleta de dados	34
6 Resultados e discussão	38
6.1 Análise da problematização.	38
6.2 Análise do questionário inicial: conhecimentos prévios.	43
6.2.1 Desempenho dos alunos na pergunta 01 do questionário inicial.	43
6.2.2 Desempenho dos alunos na pergunta 02 do questionário inicial.	44
6.2.3 Desempenho dos alunos na pergunta 03 do questionário inicial.	46
6.2.4 Desempenho dos alunos na pergunta 04 do questionário inicial.	47
6.2.5 Desempenho dos alunos na pergunta 05 do questionário inicial.	48
6.2.6 Desempenho dos alunos na pergunta 06 do questionário inicial.	50
6.2.7 Desempenho dos alunos na pergunta 07 do questionário inicial.	51
6.2.8 Desempenho dos alunos na pergunta 08 do questionário inicial.	52
6.2.9 Desempenho dos alunos na pergunta 09 do questionário inicial.	53
6.2.10 Desempenho dos alunos na pergunta 10 do questionário inicial.	54
6.3 Análise do questionário final: após intervenção.	55
6.3.1 Desempenho dos alunos na pergunta 01 do questionário final.	55
6.3.2 Desempenho dos alunos na pergunta 02 e 03 do questionário final.	56
6.3.3 Desempenho dos alunos nas perguntas 04 e 05 do questionário final.	58

6.3.4 Desempenho dos alunos nas perguntas 06, 07 e 08 do questionário final.	60
6.3.5 Desempenho dos alunos na pergunta 09 do questionário final.	61
6.3.6 Desempenho dos alunos na pergunta 10 do questionário final.	62
6.4 Avaliação do projeto pelos alunos	63
7. Considerações Finais	67
Referências	68
APÊNDICE 01: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	
APÊNDICE 02: Problematização	
APÊNDICE 03: Questionário Inicial	
APÊNDICE 04: Questionário Final	
APÊNDICE 05: Avaliação do Projeto	
APÊNDICE 06: Problemas Propostos	

Apresentação

Ao longo da minha graduação, atuei durante dois anos como professor no curso pré-vestibular IF-Prepara, projeto desenvolvido pelos alunos da graduação do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de São Paulo *Campus* Catanduva, a clientela atendida no curso pré-vestibular era composta por alunos que concluíram o ensino médio na rede pública ou cursavam o terceiro ano do ensino médio. Por meio desta experiência pude evidenciar a defasagem na aprendizagem de conteúdos diversos, com destaque para os conteúdos relacionados à Química Orgânica, onde os alunos apresentavam grande dificuldade em compreender e associar os conteúdos do nível submicroscópico.

No último ano da graduação deixei o curso pré-vestibular para participar de um projeto de iniciação científica, onde por meio de métodos da Química computacional estudei o processo de encapsulamento de moléculas em nanotubos de carbono. Observando as representações dos modelos a partir dos *softwares*, me fez notar que conceitos tão importantes, muitas vezes são trabalhados de maneira superficial e sem relação com a realidade do aluno que não possui experiência para lidar com conceitos abstratos.

Dessa forma, surgiu meu interesse em propor a utilização de *softwares* voltados a representação de modelos nas aulas de Química Orgânica. Assim, o presente trabalho visa investigar a utilização de *softwares* para que os alunos possam compreender melhor os aspectos do nível submicroscópico, objetivando a melhora no processo de ensino-aprendizagem de Química Orgânica.

1. Introdução

De acordo com Chassot (1993), a Química deveria ser uma linguagem facilitadora de leitura e interpretação do mundo. Por meio de sua compreensão, as pessoas estariam aptas a compreender e interpretar fenômenos, posicionar-se criticamente perante os problemas do cotidiano, tornando-se cidadãos críticos e ativos na sociedade.

De modo geral, o ensino escolar de Química, assim como de outras disciplinas das ciências exatas, se dá de modo conteudista e são apresentados aos alunos de forma descontextualizada. Dessa forma, o aluno normalmente não vê sentido no que está sendo ensinado, tem dificuldade para perceber sua utilidade e, por isso, considera o conteúdo inútil e acabam por memorizar somente aquilo que será útil para uma avaliação pontual (CHASSOT, 1993; ARROIO et al., 2006).

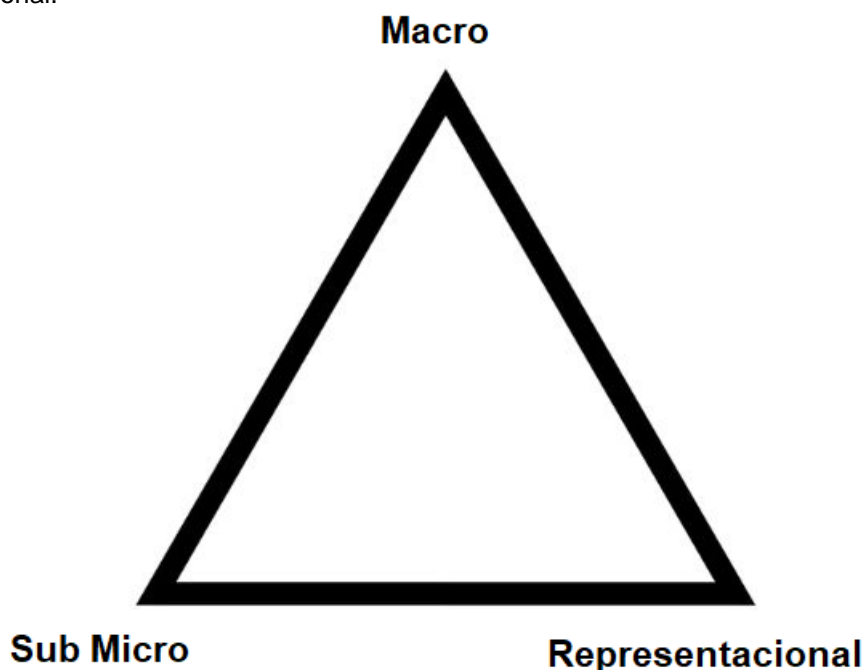
Entretanto, o ensino de Química, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), deve possibilitar ao aluno:

[...] domínio da representação e comunicação, envolvendo a leitura e interpretação de códigos, nomenclaturas e textos próprios da Química e da Ciência, a transposição entre diferentes formas de representação, a busca de informações, a produção e análise crítica de diferentes tipos de textos; da investigação e compreensão, ou seja, o uso de ideias, conceitos, leis, modelos e procedimentos científicos associados a essa disciplina; e da contextualização sociocultural, ou seja, a inserção do conhecimento disciplinar nos diferentes setores da sociedade, suas relações com os aspectos políticos, econômicos e sociais de cada época e com a tecnologia e cultura contemporâneas (BRASIL, 2002, p. 87).

Por meio de uma visão restrita e mecânica de aprendizagem, a Química acaba servindo apenas para o levantamento de questionamentos, tais como: Por que tenho que aprender isso, qual a utilidade disso para a minha vida? Chassot (1993) aponta que, muitas vezes quando nos perguntamos porque ensinar determinado conteúdo, podemos nos deparar com uma resposta não convincente e, nesta ocasião, este conteúdo é realmente inútil. Ainda, a falta de conexão entre o ambiente escolar e a realidade vivenciada pelos alunos reforça a dificuldade de compreensão de conceitos de Química.

Visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem, Mortimer, Machado e Romaneli (2000) reforçam as ideias apresentadas por Johnstone (1993), de que os alunos devem participar ativamente na construção do conhecimento e, para que possam caminhar em direção à aprendizagem significativa, é necessário conseguir compreender e relacionar três níveis de conhecimento. A Figura 1 representa os níveis de conhecimento proposto por Johnstone (1993).

Figura 1. A nova Química tem três componentes básicos: macroquímica, submicroquímica e química representacional.



Fonte: JOHNSTONE, 1993, p. 703.

Para Johnstone (1993), cada vértice do triângulo representa um nível de conhecimento específico, sendo eles: nível submicroscópico, nível macroscópico e nível simbólico

- Nível submicroscópico, relacionado à natureza atômico-molecular, de grande grau de abstração, como moléculas, átomos e seus constituintes;
- Nível macroscópico, relacionado a fenômenos concretos e perceptíveis, como a mudança de estado físico de uma substância;
- Nível simbólico, relacionado à simbologia, fórmulas e equações químicas.

Nas escolas, em geral, os professores dão ênfase ao ensino por transmissão-recepção com grande foco no nível simbólico, fazendo jus a aprendizagem

puramente mecânica, onde é priorizada a memorização de nomenclaturas, a aplicação de fórmulas e cálculos sem relacionar com conceitos já conhecidos pelo aluno ou ao seu cotidiano. Essa estratégia de ensino ganha destaque uma vez que muitos alunos e professores tem como único objetivo a promoção de série ou aprovação no vestibular.

Ainda, de acordo com Johnstone (1993), para que o aluno obtenha melhor compreensão da química ele deve conseguir transitar livremente entre os três níveis de conhecimento, assim como os químicos e professores fazem de forma natural ao relacionar todos os fatores e conceitos envolvidos num determinado fenômeno. No entanto, a abordagem do professor em sala de aula não favorece a conexão entre os vértices do triângulo e o ensino acaba sendo situado em um único vértice do triângulo. Como exemplo, se o professor apresenta somente a mudança de estado físico de um cubo de gelo a temperatura ambiente, o nível de conhecimento privilegiado é o macroscópico, apenas. Se o foco é na nomenclatura de moléculas, fórmulas ou equações químicas, está se restringindo ao nível representacional. O cerne do problema não está em ora enfatizar um nível ora outro, mas em não articulá-los.

Para que ocorra a aprendizagem significativa, é necessário que o conteúdo ensinado faça sentido e seja contextualizado, bem como a sua abordagem seja motivadora e diversificada, levando em conta a pluralidade da sala de aula. Todavia, para conseguir alcançar o objetivo de melhor compreensão Química, é fulcral que os alunos sejam capazes de articular os três níveis do conhecimento proposto por Johnstone (1973).

Concernente aos fenômenos que ocorrem no nível submicroscópico, sendo este um nível de alto grau de abstração, autores como Oliveira (2012) e Migliato Filho (2005) defendem o uso de modelos como ferramenta mediacional no processo de ensino-aprendizagem, isso porque a maior dificuldade dos alunos está em compreender e associar o nível submicroscópico com a realidade. Ao adotar diferentes estratégias e materiais didáticos, fica mais fácil levar o aluno ao entendimento.

Conforme apontam Oliveira (2012) e Migliato Filho (2005), a utilização de modelos pode contribuir satisfatoriamente para a aprendizagem, uma vez que, ao poder manipular e visualizar moléculas tridimensionais, o nível microscópico é favorecido e este é mais facilmente compreendido pelos alunos.

De acordo com Oliveira¹ (2012, *apud* OBLINGER, 1993),

Se o professor fica na frente da sala e apenas fala com os alunos, eles irão reter somente cerca de 20% do que ouvem. Alunos que veem e ouvem informações, podem reter cerca de 40% da informação que é transmitida. Mas estudantes que veem, ouvem e que estão ativamente envolvidos no processo de aprendizagem, retém aproximadamente 75% das informações.

Assim sendo, por meio de modelos como o “ATOMLIG 77 EDUCAÇÃO”, é possível representar elementos e construir moléculas palpáveis, propiciando melhor assimilação dos conceitos, uma vez que não é natural para o aluno compreender e manipular mentalmente entidades abstratas como átomos e moléculas. É evidente que estes modelos servem de subsídio para o processo de ensino-aprendizagem de conteúdos da Química, mas, tendo em vista os custos elevados para aquisição de modelos que possam ser disponibilizados a todos os alunos de uma turma, propõe-se neste trabalho a utilização de softwares de simulação para auxiliar na construção do conhecimento químico. Neste contexto, os softwares possibilitam a interação entre o aluno e o objeto de estudo e são uma opção para auxiliar o aluno na compreensão de conteúdos abstratos por meio da articulação entre o abstrato e o tangível.

Mediante a proposta deste trabalho, propõe-se a utilização do *software* ACD/ChemSketch® como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem. O *software* é um editor e visualizador de moléculas e pode ser usado em áreas de pesquisa como a modelagem molecular, ciência dos materiais e áreas afins.

¹ OLIVEIRA, R. C. **Uso de modelos moleculares por alunos de ensino médio**: contribuições para o desenvolvimento de modelos mentais de conceitos químicos. 2012. 220 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

2. Problema de pesquisa

Diante do contexto apresentado, torna-se indispensável a proposta de utilização de materiais didáticos que visam melhorar o processo de ensino-aprendizagem de conceitos químicos de difícil compreensão. *Softwares* de simulação são recursos pouco utilizados pelos professores no ambiente escolar, todavia, apresentam uma vasta possibilidade de utilização. Sendo assim, o foco da presente pesquisa é analisar a eficácia do *software* de simulação ACD/ChemSketch® como material didático.

Propõe-se o seguinte problema de pesquisa: **como o software de simulação ACD/ChemSketch® pode contribuir para o processo de aprendizagem de conceitos químicos de Estereoquímica de alunos das turmas do Curso Técnico em Química, da escola técnica Instituto Bezerra de Menezes, situada na cidade de Jaú?**

3. Objetivos

A partir do problema de pesquisa apresentado, os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Aplicar uma problematização e um questionário inicial com o intuito de levantar os conhecimentos prévios dos alunos e contribuir para o processo de categorização dos conhecimentos;
- Aplicar atividades para alunos do curso técnico de Química envolvendo o software de simulação ACD/ChemSketch® durante o ano letivo de 2019;
- Acompanhar a evolução da aprendizagem de alguns conceitos químicos;
- Realizar uma atividade avaliativa ao fim da pesquisa com o objetivo de averiguar como os alunos utilizam os conceitos trabalhados em diferentes situações.

4 Referencial Teórico

4.1 A Química computacional como instrumento de ensino

Nas últimas décadas, com o rápido desenvolvimento de novas tecnologias, especialmente as voltadas para os computadores, a informática foi ganhando espaço em nosso cotidiano. Estes avanços trouxeram mudanças para todas as áreas de atuação do homem, seja na economia, setor industrial, até mesmo nas relações interpessoais e estilo de vida. As formas de aquisição de conhecimento e as metodologias de ensino-aprendizagem não ficam fora desses avanços (NOVAIS; SIMIÃO, 2010).

As escolas podem acompanhar as mudanças que ocorrem na sociedade e usufruir das facilidades oferecidas pela tecnologia, dando ao jovem acesso a equipamentos tecnológicos como material de aprendizagem, não sendo apenas para o ensino de informática, mas sim, a informática aplicada no e para o ensino de modo geral (BELO, 2014). A questão que fica é, como esta tecnologia pode realmente ajudar a educação, uma vez que ela não é uma panaceia que virá para solucionar todo e qualquer problema que possamos encontrar (FERREIRA, 2008).

O uso de recursos tecnológicos como computadores e internet podem ser de grande valia, pois auxiliam no estudo e facilitam a aprendizagem, sendo uma forma mais estimulante para os alunos adquirirem conhecimento. Por outro lado, o uso excessivo e desorientado desses recursos acabam sendo nocivos aos jovens, visto que, por estar agregada ao seu cotidiano, ficam à *mercê* de *gadgets* como smartphones e *tablets*, e o uso da tecnologia se torna supérfluo e infrutífero diante das enormes possibilidades para uso educacional e de fonte de conhecimento (SOUZA; SOUZA, 2010).

Os recursos mais comuns, internet e computador, são precursores de uma quantidade exorbitante de informações, todavia, quando essas ferramentas são aplicadas inadequadamente conduzem a aprendizagem para algo diferente do desejado (FERREIRA, 2008). Isso acontece porque, ao ter contato com determinado assunto, o aluno muitas vezes não consegue emitir um juízo e o que produz é um amontoado de informações que é rapidamente esquecido. O uso adequado das ferramentas tecnológicas serve para construir e sedimentar conhecimentos, que se tornam consistentes e duráveis. Para que isso ocorra da

melhor forma, faz-se necessário o intermédio do professor, será ele quem norteará a construção dos conhecimentos dos alunos (FUGIMOTO; ALTOÉ, 2009).

A disciplina de Química é conhecida por ser abstrata, considerada pelos alunos como desinteressante e sem vínculo com o cotidiano, isso porque os átomos não podem ser vistos e/ou manipulados individualmente e a relação entre a estrutura atômica com fenômenos químicos não é percebida com clareza por eles (CARDOSO; COLINVAUX, 2000). Os estudantes apresentam grande dificuldade para conseguir interpretar acontecimentos em nível molecular e relacioná-los com fenômenos ocorridos no dia a dia (OLIVEIRA et al., 2013).

Uma das ferramentas mais importantes que permite aos alunos investigar propriedades, prever estruturas atômicas e moleculares além de outras possibilidades, é a Química computacional, também conhecida como modelagem molecular (RODRIGUES, 2001). Por meio da utilização de *softwares* de simulação pode-se criar animações, visualizações e experiências laboratoriais, sendo muito eficaz no desenvolvimento da interpretação e compreensão de conteúdos abstratos (OLIVEIRA et al., 2013).

4.2. Histórico da Química computacional e sua utilização.

Há relatos de que antes da década de 1950 e meados dos anos de 1960, os químicos teóricos não dispunham de tecnologia para representar modelos moleculares completos. Então, com o advento da ciência e tecnologia e o acesso aos computadores os pesquisadores puderam aprofundar suas pesquisas, ilustrando estruturas moleculares e realizando cálculos com maior exatidão, o que permitiu o surgimento e reconhecimento do campo da Química computacional, também conhecida como modelagem molecular (ORTOLAN, 2014).

Os avanços na Química computacional começaram a surgir a partir da década de 1970, parte dele teve início quando Martin Karplus, Michael Levitt e Arieh Warshel desenvolveram *softwares* capazes de calcular com exímia precisão como átomos e elétrons se reorganizam nas moléculas no decorrer de uma reação Química e prever seus movimentos. Hoje os químicos modernos amparam-se nos cálculos e previsões teóricas desenvolvidas por meio dos métodos da Química computacional. Os avanços foram tão significativos que o elo entre a Química teórica e a Química tradicional se mostrou indissociável, de tal forma que o prêmio

Nobel de Química de 2013 foi concedido aos três cientistas que colaboraram para o crescimento desta área, Karplus, Levitt e Warshel que desenvolveram um conjunto de métodos e programas computacionais que possibilitou o estudo minucioso de reações químicas em sistemas macromoleculares, das interações entre átomos e moléculas e de como eles se movem em tais sistemas (SKAF, 2013). Na Figura 2 temos os três ganhadores do prêmio Nobel de Química de 2013:

Figura 2. Martin Karplus, Michael Levitt e Arieh Warshel, respectivamente.



Fonte: disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/>.

O campo da Química computacional vem crescendo muito nas últimas décadas, isso porque houve grandes avanços dos *hardwares* de computadores e *softwares* de modelagem molecular (ORTOLAM, 2014). Vale ressaltar que a aplicação dos modelos teóricos não fica restrita apenas a laboratórios de pesquisa, seja de fármacos, Química ambiental, nanotecnologia e ciência dos materiais, como um item complementar aos estudos realizados, ela vai além deste limite, abrindo o horizonte para desenvolvimento de novos métodos de ensino-aprendizagem nas escolas (FERREIRA, 2008).

Por muito tempo acreditou-se que a aprendizagem só ocorria mecanicamente e o estudante que não aprendia era única e exclusivamente responsável pelo seu insucesso. Hoje o professor também é tido como responsável por tal insucesso e é papel do mesmo despertar o interesse do aluno para o ensino, tal tarefa passou a ser um desafio ao docente. Sem o interesse daquele que aprende, fica praticamente inviável o processo de aprendizagem, então o interesse passou a ser a força motora desse processo. É neste contexto que a Química

computacional ganha espaço como instrumento motivador (CUNHA, 2012). Uma vez que o uso de recursos tecnológicos funciona como atrativo, esta ferramenta contribui para construir e sedimentar conhecimentos, que se tornam consistentes e duráveis (FUGIMOTO; ALTOÉ, 2009).

De acordo com Santos, Wartha e Silva Filho (2010), a disciplina de Química, por ser majoritariamente experimental, apresenta muitos conteúdos abstratos e de difícil compreensão para os alunos. Souza et al. (2005), aponta o emprego de recursos computacionais como sendo uma estratégia que pode trazer muitas contribuições para o ensino desta disciplina, sendo o computador uma excelente ferramenta para auxiliar na compreensão de conteúdos, interpretação de dados quantitativos e qualitativos e simulação de fenômenos. Para Bezerra et al. (2013), os recursos computacionais são uma opção para contribuir com as representações imaginárias, esquemáticas e os modelos estáticos. Os *softwares* possibilitam a visualização de modelos dinâmicos, proporcionando aos alunos maior compreensão conceitual, contrapondo-se às cristalizadas práticas de ensino tecnicista.

Os *softwares* voltados à simulação se destacam por permitir a interatividade entre o aluno e o objeto de estudo, o que é visto como instrumento facilitador na aprendizagem. Uma vez que os livros e aulas expositivas tradicionais muitas vezes não conseguem atingir o aluno, o uso dos *softwares* se apresentam como importante ferramenta mediacional e motivadora. Todavia, estes por si só não são capazes de desencadear o processo de aprendizagem. Para obter sucesso na construção do conhecimento é necessária a integração dos métodos disponíveis por meio da Química computacional ao currículo e às atividades de sala de aula. Só assim o aluno será favorecido e poderá atuar ativamente na construção de seu conhecimento (SOUZA et al., 2005).

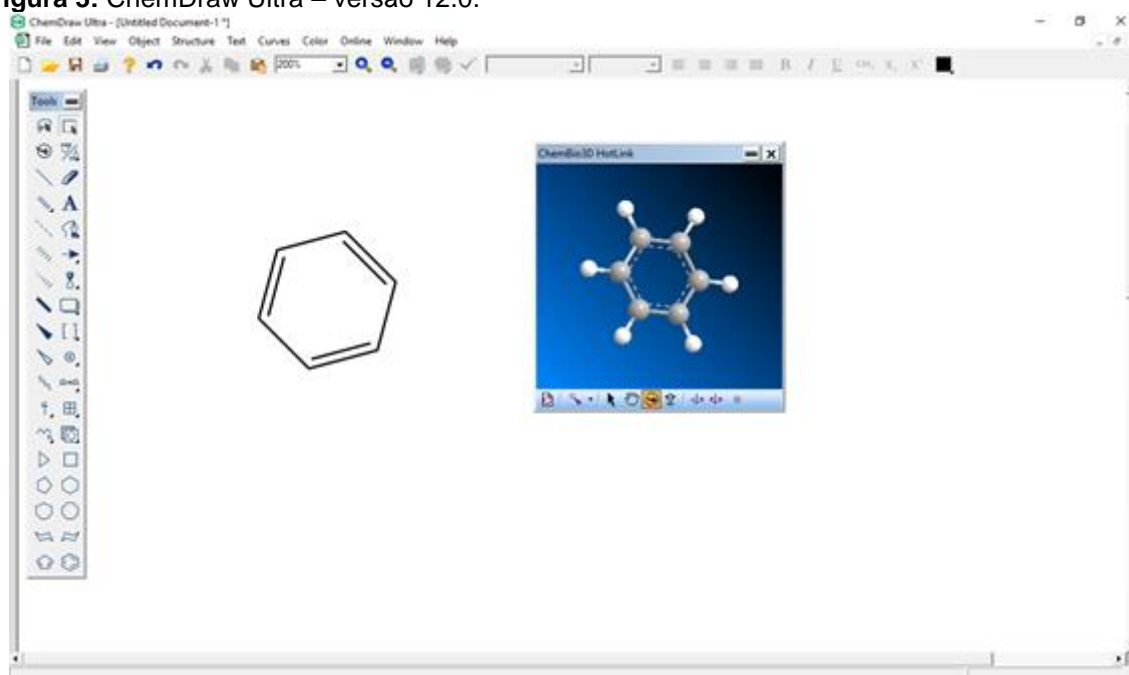
4.3 O uso de *softwares* como ferramenta no ensino de Química

As ferramentas para o ensino de Química podem ser as mais diversas e, relativamente a especificidade da presente investigação, a Química computacional, por meio da demonstração e da simulação de conceitos pode facilitar o aprendizado. Neste contexto, dois *softwares* serão demonstrados, ambos com potencial para uso

acadêmico, pesquisa em Química e que também podem ser usados didaticamente no ensino.

O software ChemDraw Ultra 12.0 (Figura 3) é um editor de moléculas que foi inicialmente desenvolvido em 1985 por David A. Evans e Stewart Rubenstein. No ano de 2011 foi vendido a PerkinElmer empresa que adicionou mais recursos ao *software*, como o Chem3D, que possibilita a visualização de moléculas em três dimensões. Este *software* exige a compra de uma licença para seu uso e está disponível para as plataformas Macintosh e Microsoft Windows.

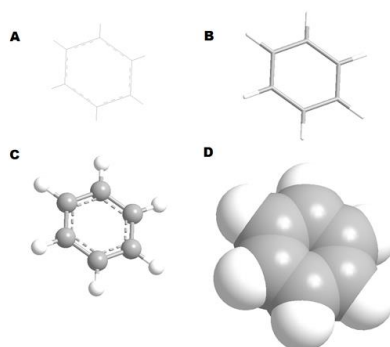
Figura 3: ChemDraw Ultra – versão 12.0.



Fonte: ChemDraw Ultra – versão 12.0.

O *software* é capaz de calcular automaticamente a valência de cada átomo e tacha em vermelho o átomo que não respeita a regra do octeto, também é possível optar por ignorar a regra do octeto para construção de moléculas específicas. Uma vez construída a estrutura de uma molécula desejada é possível utilizar o recurso Chem3D, que fará a construção da molécula em sua forma espacial tridimensional (Figura 3), além de permitir rotacionar a mesma e a visualizar em diferentes tipos de representação como “arame”, “vareta”, “bola e vareta” e “Van der Waal’s”. Cada tipo de representação pode ser útil para determinado fim e é possível escolher a representação que melhor atenda a necessidade do estudo, sendo possível optar pela visualização de ligações e arranjos espaciais. As representações podem ser observadas na Figura 4:

Figura 4: Representações moleculares (A) “arame”, (B) “vareta”, (C) “bola e vareta”, (D) “Van der Waal’s”



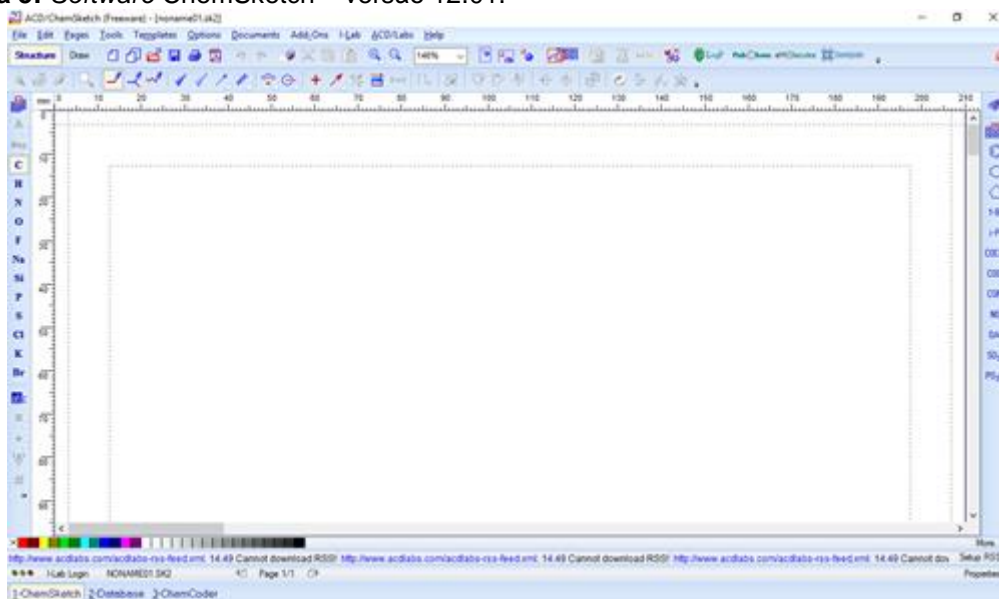
Fonte: ChemDraw Ultra – versão 12.0.

O *software* ChemDraw também conta com uma biblioteca com diversos modelos de aminoácidos, anéis aromáticos e cicloalcanos, bicíclicos, vidrarias, confômeros, DNA e RNA, grupos funcionais, hexoses, nanotubos de carbono, poliedros, polipeptídios, estereocentros e supramoléculas. Existe grande potencial de aplicabilidade para este *software* no âmbito escolar, cabe ao professor direcionar os alunos. Seja no estudo da Química Orgânica ou geral, na confecção de trabalhos, artigos, relatórios, etc.

Por sua vez, o ChemSketch® é um *software* de modelagem molecular desenvolvido pela ACD Labs. Seu uso possibilita a criação e modificação de imagens de estruturas químicas, também permite a visualização de moléculas em duas e três dimensões, a fim de facilitar o entendimento de ligações químicas e da natureza dos grupos funcionais (GONÇALVEZ et al., 2014).

Este *software* (Figura 5) se assemelha ao demonstrado anteriormente e possui basicamente as mesmas funções.

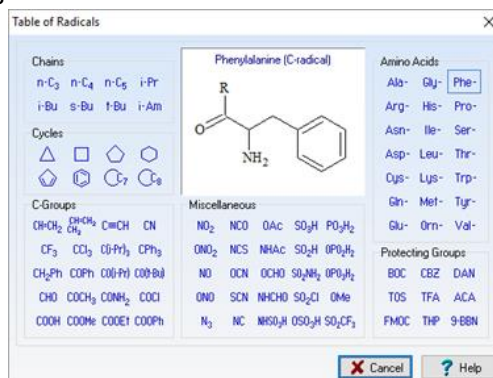
Figura 5: Software ChemSketch – versão 12.01.



Fonte: Software ChemSketch – versão 12.01.

Com layout simples, mas rico em detalhes, o *software* pode ser utilizado para os mais diversos fins, sem deixar de fora a qualidade. Sua biblioteca de modelos é bastante ampla e pode ser facilmente localizada ao lado direito da tela. A Figura 6 demonstra a tabela de radicais que, como pode ser observado, é muito intuitiva e conta com um display para representar o radical selecionado.

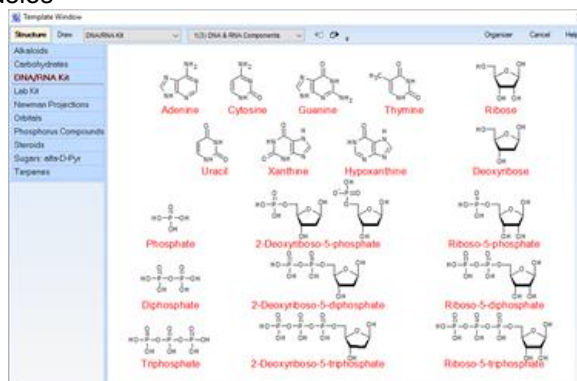
Figura 6: Tabela de radicais



Fonte: Software ChemSketch – versão 12.01.

A janela de modelos facilita a localização de moléculas específicas e outros recursos, como podemos observar na Figura 7.

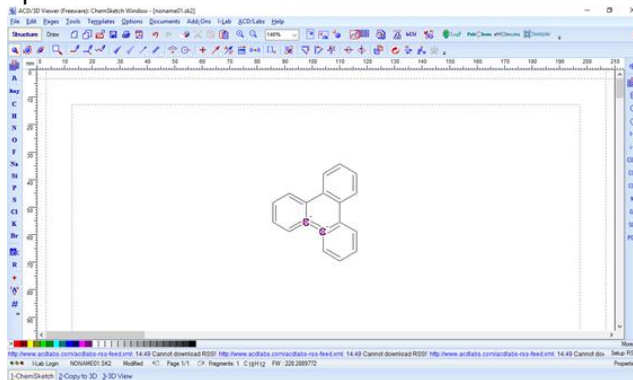
Figura 7: Janela de modelos



Fonte: Software ChemSketch – versão 12.01.

Assim como no *software* ChemDraw, o ChemSketch também calcula automaticamente as valências de moléculas desenhadas. Este recurso é bastante útil para testar de forma simples a possibilidade de existência de moléculas. Moléculas que não respeitam a regra do octeto podem ser construídas e suas propriedades podem ser personalizadas no *software* sempre que necessário. A Figura 8 demonstra como o *software* representa uma ligação que não se enquadra na regra do octeto.

Figura 8: Autocorreção para valências.



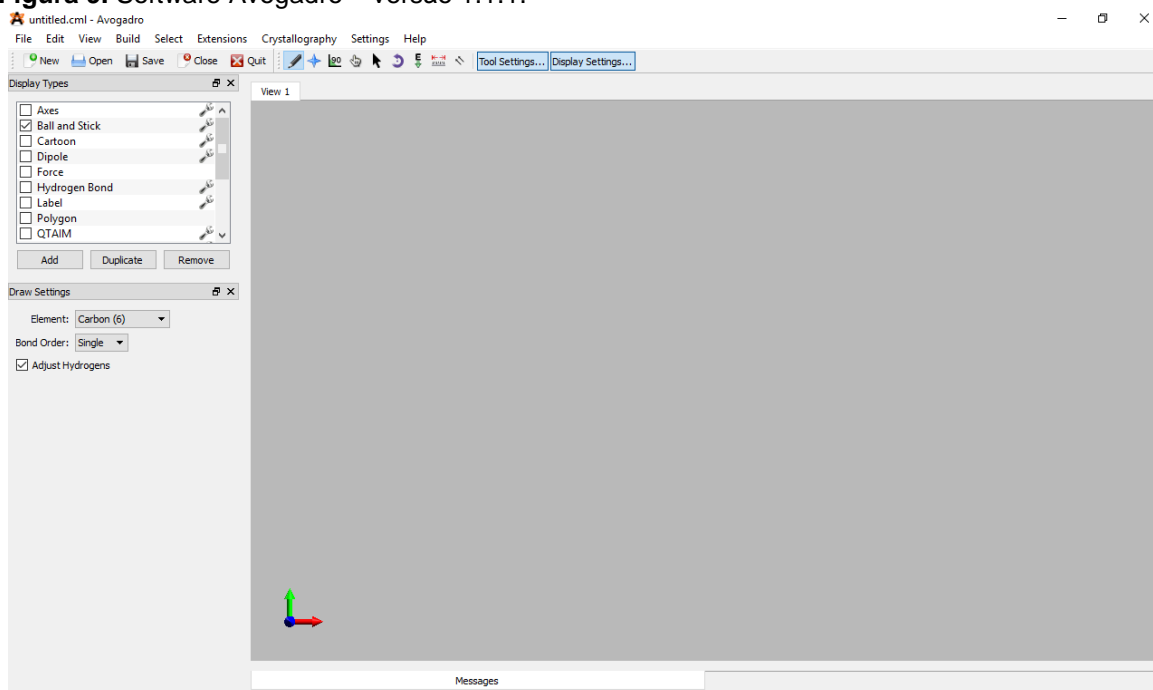
Fonte: Software ChemSketch – versão 12.01.

Esta pesquisa utilizou o *software* ACD/ChemSketch® por ser gratuito e pode ser utilizado livremente no ambiente escolar, apesar de ser disponibilizado exclusivamente no idioma inglês, pode ser facilmente utilizado para diversos fins.

O *software* Avogadro (figura 9) é um editor e visualizador de moléculas avançado, foi desenvolvido para trabalhar em múltiplas plataformas, como Microsoft Windows, Linux e MAC OS. É usado para criação de arquivos de entrada de cálculos avançados, na modelagem molecular, ciência dos materiais e áreas afins, também possui renderização de alta qualidade.

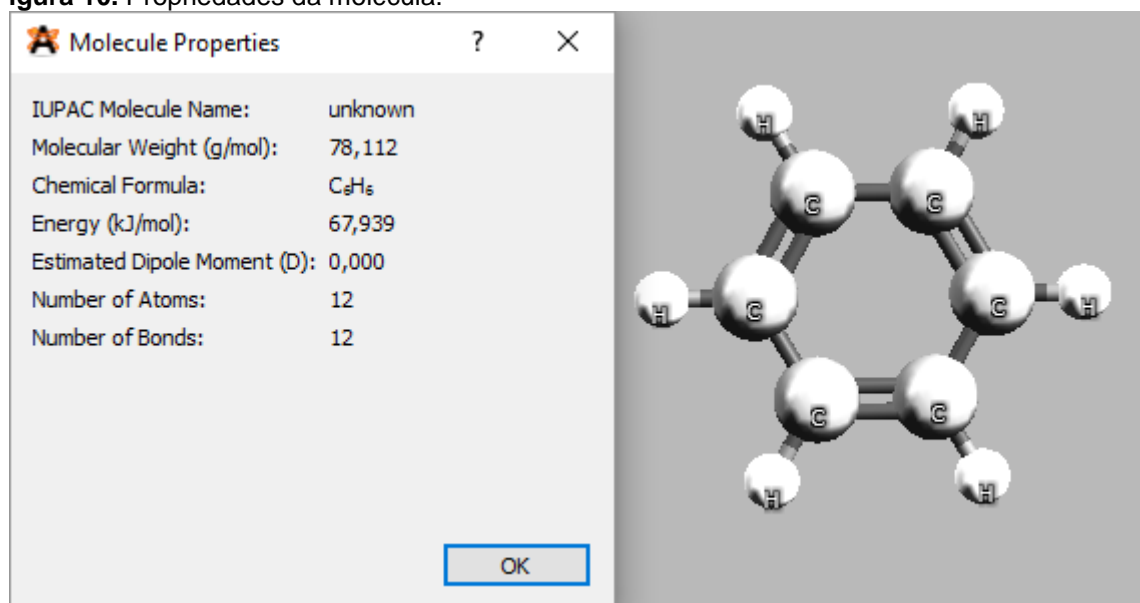
Todos os recursos já apresentados também podem ser encontrados neste software, mas diferenciando-se dos demais citados anteriormente, este conta com funções que proporcionam um estudo mais avançado acerca dos átomos, moléculas e suas propriedades. O mesmo é capaz de calcular propriedades como peso molecular, energia, momento dipolo, número de átomos e ligações, como podemos observar na figura 10. Para estudos mais aprofundados é capaz de identificar as propriedades de cada átomo que compõe a molécula em estudo, informando qual o elemento, valência, carga formal e parcial além de sua posição em coordenadas. Quando se tratando de ligação entre os átomos também é possível se obter dados mais significativos, como tipo de ligação, átomos envolvidos, ordem da ligação, possibilidade de rotação e distância entre as ligações. As figuras 11 e 12 representam o estudo acerca dos átomos e ligações da molécula de benzeno.

Figura 9. Software Avogadro – versão 1.1.1.



Fonte. Software Avogadro – versão 1.1.1.

Figura 10. Propriedades da molécula.



Fonte. Software Avogadro – versão 1.1.1.

Figura 11. Propriedades atômicas.

Atom Properties								
	Element	Type	Valence	Formal Charge	Partial Charge	X (Å)	Y (Å)	Z (Å)
Atom 1	C	Car	3	0	-0,062	-5,60335	0,65948	0,00000
Atom 2	C	Car	3	0	-0,062	-5,65524	2,05334	0,00000
Atom 3	C	Car	3	0	-0,062	-4,47406	2,79521	0,00000
Atom 4	C	Car	3	0	-0,062	-3,24100	2,14321	0,00000
Atom 5	C	Car	3	0	-0,062	-3,18911	0,74935	0,00000
Atom 6	C	Car	3	0	-0,062	-4,37029	0,00749	0,00000
Atom 7	H	HC	1	0	0,062	-6,52363	0,08149	0,00000
Atom 8	H	HC	1	0	0,062	-6,61593	2,56133	-0,00000
Atom 9	H	HC	1	0	0,062	-4,51448	3,88118	-0,00000
Atom 10	H	HC	1	0	0,062	-2,32073	2,72121	0,00000
Atom 11	H	HC	1	0	0,062	-2,22842	0,24137	0,00000
Atom 12	H	HC	1	0	0,062	-4,32987	-1,07849	0,00000

Fonte. Software Avogadro – versão 1.1.1.

Figura 12. Propriedades de ligação.

Bond	Type	Start Atom	End Atom	Bond Order	Rotatable	Length (Å)
Bond 1	C-C	C	C	2	No	1,39483
Bond 2	C-C	C	C	1	No	1,39483
Bond 3	C-C	C	C	2	No	1,39483
Bond 4	C-C	C	C	1	No	1,39483
Bond 5	C-C	C	C	2	No	1,39483
Bond 6	C-C	C	C	1	No	1,39483
Bond 7	C-H	C	H	1	No	1,08673
Bond 8	C-H	C	H	1	No	1,08673
Bond 9	C-H	C	H	1	No	1,08673
Bond 10	C-H	C	H	1	No	1,08673
Bond 11	C-H	C	H	1	No	1,08673
Bond 12	C-H	C	H	1	No	1,08673

Fonte. Software Avogadro – versão 1.1.1.

5. Procedimentos metodológicos

Para atingir a consecução do problema de pesquisa, que é investigar como o *software* de simulação ACD/ChemSketch® pode contribuir para o processo de aprendizagem, procurou-se dar aos alunos autonomia na interação com o *software*. Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos empregados para tentar alcançar os objetivos.

5.1 Natureza do Tipo de Pesquisa

Diante da natureza específica da presente investigação, foi adotada a abordagem de pesquisa qualitativa que, segundo Rosa (2013), este tipo de pesquisa se caracteriza por ser de natureza interpretativa e o pesquisador deve estar imerso no universo estudado. A metodologia que norteou a pesquisa é a pesquisa-ação, que segundo Thiollent (2007, p. 16):

[...] é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Considerando as particularidades da situação investigada, estudou-se como o uso de *softwares* podem intervir na construção de novas concepções e na capacidade dos alunos em transitar entre os aspectos fenomenológico, teórico e representacional descritos por Johnstone (1993) e reforçados por Mortimer, Machado e Romanelli (2000).

5.2 Desenho de pesquisa e a Análise de Conteúdo

Para o desenvolvimento da pesquisa, o desenho empregado foi da Pesquisa-ação. Por meio desta técnica, todos os dados coletados em forma de questionários foram plotados, respeitando as regras apresentadas por Flick (2009). Após a transcrição, os dados foram analisados conforme a técnica Análise de Conteúdo (SILVA; FOSSÁ, 2015). De acordo com Silva e Fossá (2015), a técnica consiste em três fases: pré-análise; exploração do material e tratamento dos resultados.

A pré-análise, fase em que se sistematiza e se desenvolve as ideias iniciais colocadas pelo Quadro referencial teórico, estabelece indicadores para a interpretação das informações coletadas. Esta fase compreende a leitura geral do material eleito para a análise. O material a ser investigado é organizado e sistematizado, sendo que, tal sistematização serve para que o analista possa conduzir as operações sucessivas de análise: leitura, escolha dos documentos, formulação de hipóteses e elaboração de indicadores.

A fase de exploração do material consiste na produção de operações de codificação, considerando-se os recortes dos textos em unidades de registros, a definição de regras de contagem e a classificação e agrupamento das informações em categorias simbólicas ou temáticas.

A terceira e última fase é o tratamento dos resultados, dedução e interpretação. Consiste em captar os conteúdos evidentes e ocultos contidos em todo o material coletado. A análise comparativa é realizada através da sobreposição das diversas categorias existentes em cada análise, ressaltando os aspectos considerados semelhantes e os que foram considerados como diferentes.

A condução das atividades foi realizada pelo pesquisador e foi desenvolvida na escola técnica Instituto Bezerra de Menezes (Ibem). Para o melhor entendimento do contexto em que a pesquisa foi desenvolvida, a seguir, encontra-se a caracterização dos sujeitos e ambiente de pesquisa.

5.3 Caracterização do ambiente de pesquisa

A escola em questão está situada no município de Jaú/SP, que está localizado na região central do Estado, a 296 km da capital e conta com uma população de 131.040 habitantes (IBGE, Censo/2010).

O Ibem atende aproximadamente 400 alunos de diferentes cidades da região que devem estar matriculados regularmente no terceiro ano do Ensino Médio ou que tenham concluído o Ensino Médio.

Com relação às características do prédio, a escola conta com amplo espaço físico:

- 14 salas de aula mobiliadas e climatizadas;
- 01 biblioteca com literatura especializada nas áreas de atuação dos cursos técnicos;

- 01 sala de informática climatizada;
- 01 laboratório de Química/Farmácia climatizado;
- 01 laboratório de radiologia climatizado;
- 02 laboratórios de enfermagem climatizados;
- 01 sala para professores;
- 02 salas para diretoria;
- 01 sala para secretaria;
- 01 sala para xerox;
- 01 recepção;
- 02 instalações sanitárias (masculino/feminino);
- 01 pátio coberto;
- 01 cantina
- 01 sala de conferência.

O Ibem é bem equipado em termos de recursos tecnológicos que viabilizaram a implementação da pesquisa, tais como sala de informática funcional, projetores e notebooks para utilização em sala de aula.

A escola atende em dois turnos, sendo o turno diurno exclusivo para o curso Técnico em Enfermagem. No período noturno são ministrados os cursos Técnico em Química, Técnico em Farmácia, Técnico em Enfermagem e Técnico em Radiologia.

5.4 Caracterização dos sujeitos da pesquisa.

A pesquisa teve como sujeitos os estudantes das turmas regulares do curso Técnico em Química. Visando garantir o anonimato dos participantes, as turmas foram identificadas como turma A e B. Os alunos de ambas as turmas foram submetidos à intervenção pedagógica com o auxílio do *software* ACD/ChemSketch®, com o intuito de avaliar se o *software* em questão pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem.

As turmas A e B do curso Técnico em Química estão caracterizadas abaixo.

Caracterização das turmas.

As turmas A e B eram formadas por 15 alunos por turma, que foram avaliados em relação à evolução dos resultados obtidos nas atividades de diferentes conceitos químicos relacionados a estereoquímica. Para fins de análise e anonimato, os indivíduos foram identificados por números compreendidos entre 01 e 30. É importante ressaltar que as atividades foram realizadas individualmente e cada aluno dispunha de seu aparelho celular e um computador para auxiliar nas atividades quando necessário. A utilização do *software* no questionário final ficou a critério de cada aluno podendo, assim, utilizá-los em todas as questões quando julgasse pertinente.

Na turma A, todos os alunos participaram de todas as atividades propostas durante a pesquisa. Assim, os dados de todos os alunos da turma A foram contabilizados na análise.

Na turma B, houve uma parcela (27%) que não se comprometeu a participar dos passos de análise que a pesquisa exigia. Sendo assim, seus resultados foram insuficientes para avaliar a evolução dos conceitos durante a aplicação da pesquisa. Assim, os dados dos alunos que não se comprometeram não foram contabilizados na análise.

O Ibem por ser uma escola que atende a toda a região de Jaú, apresenta um perfil socioeconômico bem diversificado.

Para o desenvolvimento da pesquisa foi solicitada a permissão do Ibem para o desenvolvimento da pesquisa. A permissão foi concedida pela então coordenadora do curso Técnico em Química.

Para efetuar a aquiescência em relação a participação da pesquisa, o estudante preencheu um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 1)

5.5 Instrumento de coleta de dados

Considerações sobre a coleta de dados

A coleta de dados teve início em outubro de 2019, com as turmas A e B.

Posteriormente, com a coleta de dados parcialmente concluída, houve a paralisação das aulas no mês de abril de 2020, em virtude da Pandemia que assolou

a população mundial, sendo assim, ficou inviabilizado o prosseguimento das atividades como planejado. No entanto, para não perder toda a pesquisa, os dados já coletados durante a pesquisa foram complementados com os dados finais coletados via plataforma *Google Classroom* e *Google Forms*. A mudança na forma de coleta de dados ocasionou em uma coleta inferior ao número esperado na avaliação do projeto pelos alunos, o que não prejudicou o término da pesquisa.

Atividades em sala

Ao longo da pesquisa foram desenvolvidas três atividades em cada turma e aplicado um questionário final para avaliação do projeto pelos alunos. As três atividades em questão foram utilizadas para análise dos dados pré e pós intervenção.

As atividades propostas após o levantamento dos conhecimentos prévios e das dificuldades dos alunos foram baseadas na grade curricular do curso técnico em Química e realizadas com o uso do *software* ChemSketch®, sempre que pertinente. Cabe ressaltar que a escola não conta com material apostilado, e que todo o conteúdo foi desenvolvido seguindo o conteúdo programático da disciplina de Química Orgânica II. Para elaboração do conteúdo desta pesquisa foi utilizado o livro “Química Orgânica”, 4ª Edição, Volume 1 de Paula Y. Bruice (2006).

Para a realização das atividades, foi necessária a utilização de um dia de aula por tópico da sequência didática (Quadro 1). Cada dia utilizado na sequência didática é composto por quatro aulas consecutivas de 50 minutos. Os conceitos trabalhados foram: isômeros constitucionais; isômeros *cis-trans*; quiralidade; carbonos assimétricos, centros quirais e estereocentros; isômeros com um carbono assimétrico; desenhando enantiômeros; nomeando enantiômeros: o sistema de nomenclatura *R, S* e isomeria óptica.

Quadro 1. Sequência das atividades desenvolvidas.

Sequencia	Atividade Desenvolvida
1	Problematização
2	Questionário Inicial
3	Isômeros constitucionais
4	Fase de Adaptação
5	Isômeros cis-trans
6	Quiralidade
7	Carbonos assimétricos, centros quirais e estereocentros
8	Isômeros com um carbono assimétrico
9	Nomeando enantiômeros
10	Isomeria óptica
11	Questionário final
12	Avaliação do projeto

Fonte: Elaboração própria.

Coleta de dados

A coleta de dados teve início no primeiro dia da disciplina de Química Orgânica II. Neste dia, foram discutidos os objetivos do projeto de pesquisa e a forma como as atividades seriam desenvolvidas ao longo da pesquisa. Neste mesmo momento, aplicou-se a etapa 1 da sequência didática (Apêndice 02). O intuito da problematização foi avaliar o conhecimento prévio e capacidade de propor hipóteses dos alunos, para isso, foi aplicado uma questão problema, e de acordo com as respostas obtidas foi possível identificar o conhecimento prévio dos alunos e quantos alunos propuseram hipóteses relacionadas a estereoquímica.

No segundo contato com os alunos, os mesmos responderam o questionário inicial (Apêndice 03), com o objetivo de obter os conhecimentos prévios da estereoquímica. O questionário inicial foi embasado no trabalho de Correia et al. (2010) intitulado “*Investigação de isomeria: concepções prévias dos estudantes do ensino médio e evolução conceitual*”. O mesmo foi composto por 10 questões objetivas relacionadas aos conceitos de estereoquímica. Em seguida, por meio do resultado obtido no questionário inicial, foi possível elencar os conceitos que os alunos apresentaram maior dificuldade e a partir deles, elaborar as atividades que se sucederam.

Após a aplicação do questionário inicial, houve a introdução ao *software* ACD/ChemSketch. Por se tratar de um recurso novo e desconhecimento dos alunos, foi necessário um dia de aula para apresentar os recursos e adaptação dos alunos. Após adaptação dos alunos ao *software*, o pesquisador deu início a intervenção pedagógica trabalhando os conceitos elencados anteriormente.

Ao fim da intervenção, os alunos responderam o questionário final (Apêndice 04), este era composto pelas mesmas 10 questões iniciais, porém, com modificações aplicadas a forma representacional das substâncias que compunham o questionário.

Ao final do período estipulado para o projeto de pesquisa, os alunos responderam o questionário de avaliação do projeto (Apêndice 05). Por meio deste, se obteve a opinião dos alunos sobre o projeto desenvolvido (aspectos positivos e negativos), aprendizagem e sugestões.

Atividades propostas

Neste momento, realizado após o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, elaborou-se então questões a serem resolvidas pelos alunos com o auxílio do *software* ChemSketch®. Em um primeiro momento, os alunos desenharam os isômeros solicitados nos cadernos e em seguida foram solicitados a representar os mesmos isômeros através do *software*, como podemos observar na Figura 9.

Figura 13. Problemas 1 e 2.

Problema 1	
a) desenhe três isômeros constitucionais com a fórmula molecular C_3H_8O .	
b) Quantos isômeros constitucionais você pode desenhar para $C_4H_{10}O$?	
Problema 2	
Desenhe os isômeros cis e trans para as seguintes substâncias:	
a) 1-etil-3-metilciclobutano	c) 1-bromo-4-clorociclo-hexano
b) 2-metil-3-hepteno	d) 1,3-dibromociclobutano

Fonte: Elaboração própria.

Todos as questões solicitadas aos alunos encontram se no Apêndice 06. A seguir estão os resultados e discussão obtidos ao longo da pesquisa.

6 Resultados e discussão

6.1 Análise da problematização.

A análise feita sobre as respostas buscou avaliar o conhecimento prévio do aluno, bem como verificar se os alunos conseguiriam elaborar hipóteses para a ineficiência de um difusor de ambiente preparado com o intuito de afastar insetos como mosquitos. A problematização pode ser observada na Figura 10:

Figura 14. Questão problema.

“No laboratório em que você trabalha, foi solicitada uma pesquisa e análise do uso da molécula de limoneno ($C_{10}H_{16}$), para a produção de um difusor de ambiente saudável capaz de afastar insetos indesejados como pernilongos. Ao chegar ao laboratório procurando por tal composto, tendo em mãos apenas sua fórmula molecular, encontrou um frasco rotulado com a mesma fórmula. Porém, para a sua surpresa, ao preparar o difusor de ambiente e realizar os testes o mesmo não afastou os mosquitos como esperado. O que pode ter acontecido para que o difusor preparado com a molécula de limoneno não afastasse os pernilongos como esperado?”

Fonte: Elaboração própria.

As respostas das turmas A e B foram tratadas em conjunto, a seguir se encontra a categorização das respostas e suas respectivas discussões. Cada aluno foi identificado com um número.

Categorização

A seguir estão as categorias de hipóteses levantadas pelos alunos (Quadro 2):

Quadro 2. Categorias para a problematização.

Categorias	Indivíduos
1. Citação de contaminação.	1, 2, 21, 22
2. Citação de contaminação e/ou concentração.	3, 5, 6 e 8
3. Citação de baixa concentração de limoneno.	23
4. Citação de substância incorreta ou frasco com rótulo errado.	10, 13, 15 e 26
5. Citação de substância incorreta, vencida/estragada ou concentração baixa.	4, 7, 9 e 17
6. Citação de isômeros.	12, 14, 16, 19, 20 e 24
7. Citação de erro no procedimento de preparação do difusor ou reagentes.	11 e 18
8. Não propôs hipóteses.	25

Fonte: Elaboração própria.

Descrição das categorias

Categoria 1 - Citação de contaminação.

Nesta categoria (Quadro 3), houve apenas a citação do uso de frascos contaminados ou não limpos previamente. As respostas obtidas nesta categoria podem indicar que os alunos, provavelmente, sabem da importância de trabalhar com os instrumentais e vidrarias corretamente limpos e consideraram esse como sendo o único fator para a não eficiência do difusor.

Quadro 3. Categoria 1 da problematização.

Resposta	Indivíduos
Acredito que o fato de ter usado o mesmo frasco sem ter limpado afetou a fórmula, pois se o frasco já estava rotulado provavelmente alguém usou, por isso o rotulou!	1
Porque o frasco não estava corretamente limpo.	2
O frasco pode estar com o rótulo correto, porém pode ter sido utilizado para coleta ou análise de outra fórmula fazendo com que de alterações ou até mesmo contaminações na molécula de limoneno. O correto é sempre fazer a higienização correta antes de qualquer análise e sempre utilizar o frasco para correto, fazendo desta forma o resultado sempre sairá como o esperado.	21
Pode ser porque ele usou um frasco já usado e não limpo.	22

Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que o indivíduo 1 levanta a hipótese de o frasco estar corretamente rotulado e considera que o mesmo pode conter de fato o limoneno, que, no entanto, pode ter sofrido alterações por contaminação. Em geral, nesta categoria, a ineficiência do difusor foi associada a fatores de limpeza das vidrarias e equipamentos. Pode-se inferir que os alunos levantaram essa hipótese por ter cursado a disciplina de Práticas de Laboratório no mesmo momento da aplicação da problematização.

Categoria 2 - Citação de contaminação e/ou concentração.

Nesta categoria (Quadro 4), houve a citação do uso de frascos contaminados e/ou concentração errada para a eficiência do difusor. As respostas obtidas nessa categoria podem indicar que os alunos sabem da importância de trabalhar com os equipamentos e vidrarias corretamente limpos, bem como a importância de saber coletar as concentrações corretas dos reagentes.

Quadro 4. Categoria 2 da problematização.

Resposta	Indivíduos
Por alguma contaminação dos frascos que poderia conter alguma bactéria, ou pode ter colocado a quantidade da media errada para fazer a fórmula.	3
Acredito q pode ter ocorrido contaminação do mesmo no preparo da solução através dos instrumentos ou até mesmo erro na hora de medir os produtos na hora de fazer a solução.	5
o que pode ter acontecido é o fato do frasco já ter sido usado, e o composto ali já ter afetado o efeito da fórmula nova. Ou talvez algum erro no preparo da fórmula pode ter afetado o difusor.	6
Poderia ser contaminação por instrumentos ou que o técnico não colocou as medidas corretas.	8

Fonte: Elaboração própria.

Assim como na categoria 1, pode-se inferir que os alunos levantaram essas hipóteses por terem cursado a disciplina de Práticas de Laboratório.

Categoria 3 - Citação de baixa concentração do limoneno.

Esta categoria (Quadro 5), aponta como sendo insuficiente a concentração da “molécula” para que o difusor seja eficiente.

Quadro 5. Categoria 3 da problematização.

Resposta	Indivíduos
A concentração da molécula foi insuficiente para ser eficiente no combate aos pernilongos.	23

Fonte: Elaboração própria.

Categoria 4 - Citação de substância incorreta ou frasco com rótulo errado

Esta categoria (Quadro 6), aponta fatores como substância incorreta no frasco ou rótulo errado.

Quadro 6. Categoria 4 da problematização.

Resposta	Indivíduos
Pode não ter alcançado o resultado esperado por algum erro, ate mesmo as vezes no seu próprio rotulo, por alguma informação errada, que levou o difusor não funcionar.	10
De acordo com a formula apresentada C10H16 a mesma deveria exercer a função de afastar os pernilongos. Já q sua fórmula é usada como inseticida, então o mais provável é que a formula do frasco já pronto não seja a mesma, por isso não o fez	13
Na formula química de inseticida natural de limoneno o frasco tinha uma formula de C10H16 devido na hora de fazer a formula química teve uma diminuição de hidrogênio de uma molécula de apresentado no frasco, foi feito essa alteração para tentar manter a mesmo difusor para que não possa a ser um vilão de ambiente saldável.	15
Pode ser que a molécula de limomeiro (C10H16) esteja alterada ou alguma outra substancia não esteja certa, a composição esteja errada ou foi usado outro tipo de substancia que não seja correta.	26

Fonte: Elaboração própria.

O aluno 15 menciona que houve “diminuição de hidrogênio” da molécula descrita no frasco, o que levou o autor a classificá-la como substância incorreta quando comparado ao descrito no frasco. Pode-se inferir que o aluno não conseguiu transcrever corretamente sua ideia para justificar a ineficiência do difusor, dificultando seu entendimento e classificação.

Categoria 5 - Citação de substância incorreta, vencida/estragada ou concentração baixa.

Nesta categoria (Quadro 7), os alunos levantaram a hipótese de a substância em questão estar vencida/estragada em fator do tempo e local de armazenamento, indicando que uma substância vencida/estragada não será capaz de alcançar o resultado desejado.

Quadro 7. Categoria 5 da problematização.

Resposta	Indivíduos
Primeiramente, esse frasco antes de ser utilizado seria necessário uma análise para identificar o que de fato teria dentro dele e posteriormente se confirmado a presença da molécula de limoneno e quantidades corretas, ser preparado o difusor. Essa primeira precaução já poderia ter adiado o problema. Se identificado a presença da molécula em tal frasco, seria necessário recalcular a quantidade dos compostos ou até mesmo preparar a solução do limoneno.	4
Uma das opções é que o frasco pudesse estar rotulado incorretamente, sendo assim, o composto utilizado não fez o efeito esperado. Produto vencido também perde seu efeito ao ser utilizado com outros composto, sendo assim o resultado esperado pode não ocorrer	7
Pode ter ocorrido que o armazenamento do frasco de limoneno não foi adequada acarretando na inutilização do produto, ou o conteúdo do frasco não tinha de fato limoneno	9
Ou o produto está vencido, ou a concentração molar está muito baixa, perto da necessária.	17

Fonte: Elaboração própria.

O indivíduo 4 sugeriu que fosse feita uma análise prévia da substância visando identificar se o composto era de fato o limoneno e, só então, preparar o difusor. A sugestão de análise da substância presente no frasco sem mencionar a possibilidade de a substância ser um isômero, corroborou para a classificação da resposta como sendo outra substância presente no frasco rotulado como $C_{10}H_{16}$ e não um isômero.

Categoria 6 - Citação de isômeros.

Nesta categoria (Quadro 8), os indivíduos levantaram a hipótese da substância encontrada no frasco não ser a substância correta e sim um isômero.

Quadro 8. Categoria 6 da problematização.

Resposta	Indivíduos
O experimento não teve resultado esperado, pois a substância usada não foi a de limoneno e sim um isômero com a mesma fórmula molecular, onde não tinha as propriedades do limoneno para gerar o resultado esperado.	12
Acredito que poderia não se tratar da molécula do limoneno mas sim outra molécula com a mesma fórmula molecular ou seja uma molécula isomera a molécula do limoneno.	14
O limoneno tem duas variações, a pessoa que selecionou no laboratório escolheu variação do limoneno que não tem o efeito esperado, ele pegou o isomero errado do limoneno por isso não funciona.	16
Isomeria óptica ocorre quando compostos possuem mesma fórmula molecular, mas atividades óticas diferentes. Algumas substâncias têm a propriedade de desviar o plano de vibração da luz polarizada e são denominadas opticamente ativas. Por isso a experiência não ocorreu como deveria.	19
Provavelmente ocorreu uma isomeria óptica. Isomeria óptica ocorre quando compostos possuem mesma fórmula molecular, mas atividades óticas diferentes. Algumas substâncias têm a propriedade de desviar o plano de vibração da luz polarizada e são denominadas opticamente ativas.	20
O limoneno tem duas variações, a pessoa pegou o limoneno que não tem o efeito esperado.	24

Fonte: Elaboração própria.

Nestas respostas houve a citação correta da isomeria, e a ineficiência do difusor foi associada a utilização do isômero incorreto ao desejado para afastar insetos.

Os indivíduos 19 e 20 fizeram o detalhamento da definição de isômeros ópticos.

Categoria 7 - Citação de erro no procedimento de preparação do difusor ou reagentes.

Esta categoria (Quadro 9), aponta o procedimento de preparação do difusor ou dos reagentes como sendo o motivo para ineficiência do difusor.

Quadro 9. Categoria 7 da problematização.

Resposta	Indivíduos
Por ter encontrado o frasco rotulado pode a ver algum erro no processo de realização do componente .	11
A formula como foi realiza pode ter dado errado.	18

Fonte: Elaboração própria.

Categoria 8 - Não propôs hipóteses.

Nesta categoria (Quadro 10), o indivíduo não propôs nenhuma hipótese para a ineficiência do difusor.

Quadro 10. Categoria 8 da problematização.

Resposta	Indivíduos
Não sei	25

Fonte: Elaboração própria.

6.2 Análise do questionário inicial: conhecimentos prévios.

6.2.1 Desempenho dos alunos na pergunta 01 do questionário inicial.

A pergunta de número 01 foi utilizada para verificar se os alunos conseguiriam determinar a característica necessária para ocorrência de isomeria em compostos representados apenas pela fórmula molecular, conforme Figura 15.

Figura 15. Questão 01 do questionário inicial.

01. Os compostos I e II representam isômeros por possuírem as seguintes características:



- A) São isômeros porque ambos possuem cadeia plana.
- B) São isômeros porque ambos possuem oxigênio na estrutura.
- C) São isômeros porque são compostos iguais que apresentam a mesma fórmula molecular.
- D) São isômeros porque são compostos diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular.

Fonte: Elaboração própria.

De maneira geral, os alunos obtiveram resultado satisfatório na pergunta de número 01. Em relação ao conceito isomeria de constituição, 61,5% dos alunos assinalaram corretamente a alternativa “D” que mencionava que os compostos I e II *são isômeros porque são compostos diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular*. Diante disso, pode-se inferir que uma parcela significativa dos alunos tem boa compreensão da definição de isômeros.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 23,1% assinalaram a alternativa “C” que menciona que os compostos *são isômeros porque são*

compostos iguais que apresentam a mesma fórmula molecular. Apesar do equívoco, pode-se inferir que os alunos que assinaram a alternativa “C” demonstram ter conhecimento sobre o fenômeno da isomeria. As respostas obtidas nessa alternativa podem indicar que os alunos, provavelmente não souberam interpretar a pergunta, o que pode ser confirmado com o bom desempenho dos alunos nas perguntas seguintes do questionário inicial.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 7,7% assinalaram erroneamente a alternativa “A” que dizia que os compostos *são isômeros porque ambos possuem cadeia plana*, e a mesma porcentagem (7,7%) assinalou a alternativa “B” *são isômeros porque ambos possuem oxigênio na estrutura*.

A partir da análise desses dados, como podemos observar no Quadro 11, entende-se que muitos alunos sabem a definição de isomeria.

Quadro 11. Alternativas da pergunta 01 do questionário inicial.

Alternativa	Indivíduos
São isômeros porque ambos os compostos possuem cadeia plana.	1 e 26
São isômeros porque ambos os compostos possuem oxigênio na estrutura.	5 e 8
São Isômeros porque são compostos iguais que apresentam a mesma fórmula molecular.	4, 6, 14, 20, 22 e 25
São isômeros porque são compostos diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular.	2, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23 e 24.

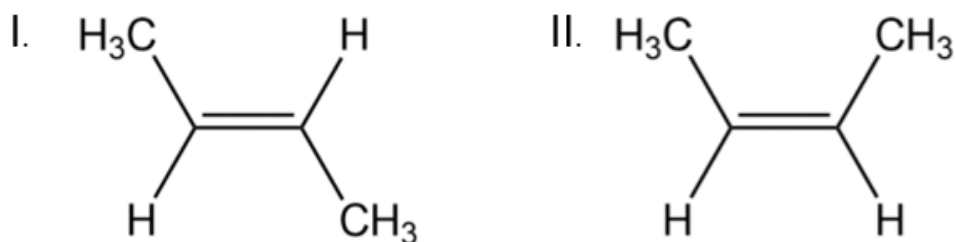
Fonte: Elaboração própria.

6.2.2 Desempenho dos alunos na pergunta 02 do questionário inicial.

Esta pergunta, conforme podemos observar na Figura 16, foi feita com o objetivo de investigar se os alunos conseguiriam definir uma característica necessária para a constituição de estereoisômeros da classe *cis-trans* (geométricos).

Figura 16. Questão 02 do questionário inicial.

02. Os compostos I e II representam isômeros cis-trans (geométricos) por que?



- A) Além da presença de ligação dupla, cada um dos carbonos apresenta dois ligantes diferentes entre si.
- B) Não são isômeros cis-trans (geométricos).
- C) Os carbonos fazem ligações apenas com átomos de hidrogênio.
- D) Apresentam carbono assimétrico.

Fonte: Elaboração própria.

A maioria dos alunos (69,2%) assinalou corretamente a alternativa “A”, que menciona a presença da ligação dupla que, por sua vez, resulta na rotação limitada da molécula, bem como a presença de dois grupos diferentes ligados ao carbono da ligação dupla.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 11,5% assinalou erroneamente a alternativa “B” que mencionava que os compostos I e II não são isômeros *cis-trans* (geométricos). Analisando os resultados da questão 01 e 02, observa-se que os alunos que não obtiveram acerto na pergunta 02, também não acertaram a pergunta 01 (Quadro 11). Assim sendo, pode-se inferir que esses alunos têm maior dificuldade para compreender os conceitos da estereoquímica.

A alternativa “C” e “D” foram assinaladas por 11,5% e 7,7% dos alunos, respectivamente. O Quadro 12 apresenta como cada aluno assinalou a questão 2.

Quadro 12. Alternativas da pergunta 02 do questionário inicial.

Alternativa	Indivíduos
Apresentam carbono assimétrico.	3 e 12
Os carbonos fazem ligações apenas com átomos de hidrogênio.	4, 10 e 11
Além da presença de ligação dupla, cada um dos carbonos apresenta dois ligantes diferentes entre si.	1, 5 e 8
Não são isômeros cis-trans (geométricos).	2, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26

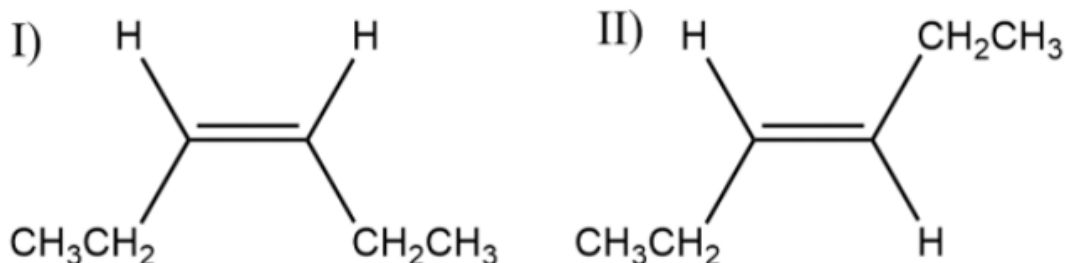
Fonte: Elaboração própria.

6.2.3 Desempenho dos alunos na pergunta 03 do questionário inicial.

A pergunta de número 03 foi utilizada para verificar se os alunos conseguiriam atribuir corretamente o descritor *cis* e *trans* às representações I e II, conforme Figura 17.

Figura 17. Questão 03 do questionário inicial.

03. As representações I e II representam isômeros cis-trans (geométricos). De acordo com a regra de nomenclatura, o descritor *cis* e *trans* serão atribuídos na(s) estrutura(s):



- A) I - cis II - trans
- B) I - trans e II - cis
- C) I - cis e II - cis
- D) I - trans e II - trans

Fonte: Elaboração própria.

A maioria dos alunos (65,4%) assinalou corretamente a alternativa “A”, que correspondia corretamente ao descritor *trans* para estrutura I e *cis* para estrutura II. Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 19,2% assinalou a alternativa “B” que correspondia ao descritor *cis* para estrutura I e *trans* para a estrutura II. De maneira geral, pode-se inferir que os alunos que assinalaram erroneamente a alternativa “A” não souberam diferir quando a estrutura receberá o descritor *cis* ou

trans, contudo, identificaram que as estruturas não receberiam o mesmo descritor. Para tentar sanar este erro, mais exemplos foram apresentados aos alunos em sala de aula.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 11,5% e 3,8% dos alunos assinalaram as alternativas “C” e “D”, respectivamente.

O Quadro 13 apresenta as alternativas assinaladas pelos alunos:

Quadro 13. Alternativas da pergunta 03 do questionário inicial.

Alternativa	Indivíduos
I - cis e II - trans	4, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 21, 22, 23, 24 e 26
I - trans e II - cis	2, 3, 5, 6 e 7
I - cis e II - cis	9, 13 e 25
I - trans e II - trans	1

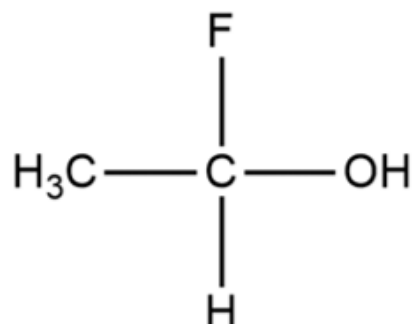
Fonte: Elaboração própria.

6.2.4 Desempenho dos alunos na pergunta 04 do questionário inicial.

A pergunta de número 04, apresentada na Figura 18, foi utilizada para verificar se os alunos tinham conhecimento sobre o conceito de quiralidade.

Figura 18. Questão 04 do questionário inicial.

04. Analise a estrutura abaixo e assinale a alternativa que julgar verdadeira:



- A) É uma substância quiral.
- B) O carbono central não é assimétrico.
- C) O carbono central não possui ligantes diferentes.
- D) O carbono central não faz ligações com hidrogênio.

Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao conceito de quiralidade, 61,5% dos alunos assinalou corretamente a alternativa “A”, que mencionava que a estrutura em questão era uma substância quiral.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 19,2% dos alunos assinalou a alternativa “B”, possibilitando inferir que os alunos que assinalaram essa alternativa provavelmente não souberam interpretar a pergunta e/ou se equivocaram com o termo “assimétrico”. De acordo com Bruice (2006) um objeto quiral tem imagem especular não sobreponível, e a característica que comumente é a responsável pela quiralidade numa molécula é um carbono assimétrico.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 11,5% e 7,7% dos alunos assinalaram as alternativas “C” e “D”, respectivamente.

O Quadro 14 apresenta as alternativas assinaladas pelos alunos:

Quadro 14. Alternativas da pergunta 04 do questionário inicial.

Alternativa	Indivíduos
É uma substância quiral.	2, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 22, 23, 24 e 26
O carbono central não é assimétrico.	5, 8, 16, 19 e 21
O carbono central não possui ligantes diferentes.	1, 11 e 25
O carbono central não faz ligações com hidrogênio.	3 e 10

Fonte: Elaboração própria.

6.2.5 Desempenho dos alunos na pergunta 05 do questionário inicial.

Essa pergunta foi utilizada para verificar se os alunos conseguiriam associar a quiralidade a outros exemplos, como podemos observar na Figura 19.

Figura 19. Questão 05 do questionário inicial.

05. Assinale a alternativa que julgar correta:

A – H – I – M – O

- A) As cinco letras maiúsculas acima são quirais.
- B) As cinco letras maiúsculas acima são aquirais.
- C) As cinco letras maiúsculas não tem imagem especular sobreponível.
- D) Todas as alternativas são falsas.

Fonte: Elaboração própria.

Nessa questão, apenas 19,2% dos alunos responderam corretamente a alternativa “B”, que afirma que *as cinco letras maiúsculas acima são aquirais*. Pode ser inferido, desse modo que, embora os alunos aparentemente se apropriaram do conceito de quiralidade aplicado a moléculas simples (questão anterior), estes não dominam o conceito de modo que consigam identificar e aplicar esse conhecimento em diversas outras situações (GIORDAN, 2008).

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 30,8% dos alunos assinalou a alternativa “A”, na qual afirma que *as cinco letras maiúsculas acima são quirais*, ainda, 26,9% dos alunos assinalou a alternativa “C” e 23,1% assinalou a alternativa “D”. Para sanar este erro, mais exemplos devem ser apresentados aos alunos em sala de aula.

O Quadro 15 apresenta as alternativas assinaladas pelos alunos:

Quadro 15. Alternativas da pergunta 04 do questionário inicial.

Alternativa	Indivíduos
As cinco letras maiúsculas acima são quirais.	3, 4, 6, 13, 15, 19, 24 e 25
As cinco letras maiúsculas acima são aquirais.	2, 7, 8, 22 e 23
As cinco letras maiúsculas acima não tem imagem especular sobreponível.	5, 9, 12, 14, 16, 17 e 26
Todas as alternativas são falsas.	1, 10, 11, 18, 20 e 21

Fonte: Elaboração própria.

6.2.6 Desempenho dos alunos na pergunta 06 do questionário inicial.

Essa pergunta foi utilizada para verificar se os alunos conseguiriam atribuir os termos dextrorrotatório e levorrotatório aos pares de isômeros de uma substância quiral opticamente ativa, conforme Figura 20.

Figura 20. Questão 06 do questionário inicial.

06. Os pares de enantiômeros estão corretamente colocados na alternativa:

- A) Dextrorrotatório e levorrotatório.
- B) Carbono simétrico.
- C) Imagem especular.
- D) Nenhuma das alternativas.

Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao desempenho dos alunos na questão 06, pode-se inferir que os alunos não apresentaram os conhecimentos necessários para compreensão da questão. Uma vez que apenas 11,5% dos alunos assinalou corretamente a alternativa “A”, que relaciona se uma substância opticamente ativa gira o plano da polarização no sentido horário (dextrorrotatório) ou anti-horário (levorrotatório).

A maior parcela dos alunos (34,6%) assinalou erroneamente a alternativa “C” que mencionava que os pares de isômeros estão corretamente colocados como sendo a *imagem especular*, porém, para que moléculas sejam consideradas enantiômeros, é necessário que tenham imagem especular não sobreponível.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 23,1% dos alunos assinalou a alternativa “D” *nenhuma das alternativas* e 30,8% assinalou a alternativa “B” *carbono simétrico*.

O Quadro 16 apresenta as alternativas assinaladas pelos alunos:

Quadro 16. Alternativas da pergunta 06 do questionário inicial.

Alternativa	Indivíduos
Dextrorrotatório e levorrotatório.	7, 12 e 19
Carbono simétrico.	1, 3, 4, 5, 8, 9, 15 e 20
Imagem especular.	6, 10, 14, 16, 17, 18, 23, 25 e 26
Nenhuma das alternativas.	2, 11, 13, 21, 22 e 24

Fonte: Elaboração própria.

6.2.7 Desempenho dos alunos na pergunta 07 do questionário inicial.

Essa pergunta foi utilizada para verificar se os alunos conseguiriam diferir quais propriedades os enantiômeros compartilham, como podemos observar na Figura 21.

Figura 21. Questão 07 do questionário inicial.

07. As propriedades físicas do par de enantiômeros são iguais, exceto:

- A) Ponto de fusão.
- B) Ponto de ebulição.
- C) Desvio sobre a luz polarizada.
- D) Todas as propriedades são iguais.

Fonte: Elaboração própria.

Surpreendentemente a maior parcela dos alunos (53,8%) assinalou corretamente a alternativa “C” na qual se referia ao *desvio sobre a luz polarizada*, como sendo a exceção às propriedades de enantiômeros. Nesse caso, pode-se inferir que os alunos possam ter assinalado a alternativa correta por dedução, uma vez que na questão 06 do questionário inicial apenas 11,5% dos alunos souberam atribuir corretamente o termo dextrorrotatório e levorrotatório empregado ao par de enantiômeros opticamente ativos.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 26,9% assinalou a alternativa “D” que mencionava que *todas as propriedades são iguais*, 11,5% assinalou a alternativa “A” que mencionava que o *ponto de fusão* era a propriedade compartilhada por enantiômeros e 7,7% assinalou a alternativa “B” *ponto de ebulição*.

O Quadro 17 apresenta as alternativas assinaladas pelos alunos:

Quadro 17. Alternativas da pergunta 07 do questionário inicial.

Alternativa	Indivíduos
Ponto de fusão.	5, 8 e 11
Ponto de ebulição.	4 e 25
Desvio sobre a luz polarizada.	1, 4, 7, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 23 e 26
Todas as propriedades físicas são iguais.	2, 6, 9, 13, 16, 19 e 24

Fonte: Elaboração própria.

6.2.8 Desempenho dos alunos na pergunta 08 do questionário inicial.

Esta pergunta foi utilizada para avaliar se os alunos conseguiriam associar a quiralidade como característica necessária para a existência de isômeros ópticos, como podemos observar na Figura 22.

Figura 22. Questão 08 do questionário inicial.

08. Para que uma espécie química tenha isômeros ópticos é necessário que sua molécula apresente:

- A) Um plano de simetria.
- B) Pelo menos dois átomos de carbono unidos por ligação dupla.
- C) Assimetria.
- D) Átomos de carbono.

Fonte: Elaboração própria.

Metade dos alunos (50%) assinalou corretamente a alternativa “C” que se referia a *assimetria*, como sendo a característica necessária para se ter isômeros opticamente ativos.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 30,8% assinalou a alternativa “D” que se referia a presença *átomos de carbono*. 7,7% assinalou a alternativa “A” que se referia a *um plano de simetria* e 11,5% assinalou a alternativa “B” que se referia a presença de *pelo menos dois átomos de carbono unidos por ligação dupla*.

O Quadro 18 apresenta as alternativas assinaladas pelos alunos:

Quadro 18. Alternativas da pergunta 08 do questionário inicial.

Alternativa	Indivíduos
Um plano de simetria.	8 e 15
Pelo menos dois átomos de carbono unidos por ligação dupla.	4, 5 e 16
Assimetria.	1, 2, 3, 7, 10, 13, 14, 17, 18, 20, 21, 24 e 25
Átomos de carbono.	6, 9, 11, 12, 19, 22, 23 e 26

Fonte: Elaboração própria.

6.2.9 Desempenho dos alunos na pergunta 09 do questionário inicial.

Esta pergunta foi utilizada para avaliar se os alunos conseguiriam associar o conceito de isomeria em substâncias que possuem fórmulas moleculares diferentes, mas que compartilham a mesma classe de isômeros, conforme podemos observar na Figura 23:

Figura 23. Questão 09 do questionário inicial.

09. Assinale a alternativa que o tipo de isomeria corresponde às estruturas:



- A) Isomeria constitucional.
- B) Isomeria cis-trans (geométrica).
- C) Isomeria óptica.
- D) Não são isômeros.

Fonte: Elaboração própria.

Nessa questão, apenas 23,1% dos alunos assinalaram corretamente a alternativa “A” do questionário inicial que mencionava que as estruturas I e II compartilhavam a classe de isomeria constitucional.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 23,1% assinalou a alternativa “D” que mencionava que as estruturas em questão *não são isômeros*. 34,6% assinalou a alternativa “B” que menciona que os compostos pertenciam a classe de isômeros *cis-trans (geométrica)*. 19,2% assinalou a alternativa “C” que se referia a *isomeria óptica*.

Neste caso, pode-se inferir que houve equívoco na interpretação da questão por parte dos alunos, uma vez que não compreenderam se tratar da classe de isômeros que ambas as estruturas compartilhavam, justificando que as estruturas I e II não têm a mesma fórmula molecular, sendo assim, não podem ser isômeros.

Podemos observar as alternativas assinaladas por cada aluno no Quadro 19:

Quadro 19. Alternativas da pergunta 09 do questionário inicial.

Alternativa	Indivíduos
Isomeria constitucional.	13, 15, 20, 22, 23 e 24
Isomeria cis-trans (geométrica).	3, 6, 8, 9, 10, 11, 18, 19 e 26
Isomeria óptica.	2, 4, 5, 7 e 23
Não são isômeros	1, 14, 16, 17, 21, e 25

Fonte: Elaboração própria.

6.2.10 Desempenho dos alunos na pergunta 10 do questionário inicial.

A pergunta 10, representada na Figura 24, foi utilizada para avaliar a habilidade do aluno em evidenciar a possibilidade de ocorrência de isomeria óptica em determinadas moléculas representadas por meio de fórmula estrutural condensada.

Figura 24. Questão 10 do questionário inicial.

10. Das seguintes fórmulas estruturais, em qual pode ocorrer isomeria óptica:

- A) $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH}_2(\text{OH})$.
- B) $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH-CH}_3$.
- C) $\text{CH}_2(\text{OH})\text{-CH=CH}_2$.
- D) Nenhuma das alternativas.

Fonte: Elaboração própria.

A maioria dos alunos (42,3%) assinalou corretamente a alternativa “B”, o que demonstra habilidade dos alunos de identificar a presença de um carbono quiral em uma estrutura.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 26,9% assinalou a alternativa “A” onde não existe a presença de carbono quiral, 19,2% assinalou a alternativa “D” que apontava que *nenhuma das alternativas* poderia ocorrer isomeria óptica e 11,5% assinalou a alternativa “C” onde não existe a presença de carbono quiral.

Podemos observar as alternativas assinaladas por cada aluno no Quadro 20:

Quadro 20. Alternativas da pergunta 10 do questionário inicial.

Alternativa	Indivíduos
CH ₂ (OH)-CH ₂ (OH)	3, 4, 7, 11, 18, 19 e 24
CH ₃ -CH(OH)-CH ₂ -CH ₃	2, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 23, 25 e 26
CH ₂ (OH)-CH=CH ₂	5, 10 e 21
Nenhuma das alternativas.	1, 6, 15, 20 e 22

Fonte: Elaboração própria.

6.3 Análise do questionário final: após intervenção.

Ressalta-se que as atividades foram elaboradas de modo que os alunos das turmas A e B pudessem utilizar o *software ACD/ChemSketch®* bem como os celulares para acessar o site <https://molview.org/> para construírem e analisarem as substâncias.

A análise feita sobre as respostas do questionário final buscou avaliar o desempenho dos alunos referente aos mesmos conceitos tratados no questionário inicial: isômeros de constituição, isômeros geométricos, quiralidade e centros assimétricos, isomeria óptica.

O desempenho das turmas A e B foram tratados em conjunto e será discutido por conceito. Para cada conceito serão apresentados os dados gerais do desempenho.

Os detalhes e discussão do questionário final encontram se a seguir.

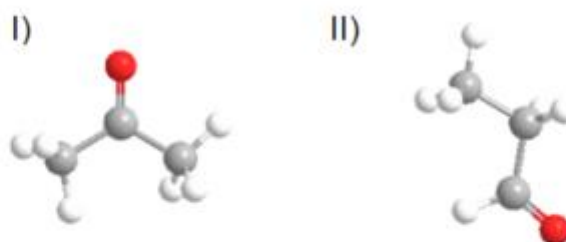
6.3.1 Desempenho dos alunos na pergunta 01 do questionário final.

Em relação ao desempenho dos alunos na pergunta 01 que trata da ocorrência de isomeria, pode-se inferir que os alunos não apresentaram dificuldades para determinar que as substâncias I e II são isômeros por possuírem mesma fórmula molecular, mas diferem na forma que seus átomos estão conectados. No questionário inicial os compostos foram representados por fórmula molecular condensada, enquanto no questionário final foram representadas por meio de representação tridimensional produzida pelo *software ACD/ChemSketch®*, o que evidencia que os alunos conseguem identificar isômeros em representações que envolvem o nível molecular.

Em ambos os questionários, a maioria dos alunos assinalou a alternativa correta. No questionário inicial, 61,5% dos alunos acertaram a pergunta sobre o conceito de isomeria e no questionário final 69,2% acertaram a pergunta. Tal desempenho também pode ser justificado pelo fato de os alunos já terem estudado o conceito ao cursar o ensino-médio e outras disciplinas de Química ao longo do curso técnico. Abaixo pode-se conferir a pergunta 01 do questionário final (Figura 25):

Figura 25. Questão 01 do questionário final.

01. Os compostos I e II representam isômeros por possuírem as seguintes características:



- A) São isômeros porque ambos possuem cadeia plana.
- B) São isômeros porque ambos possuem oxigênio na estrutura.
- C) São isômeros porque são compostos iguais que apresentam a mesma fórmula molecular.
- D) São isômeros porque são compostos diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular.

Fonte: Elaboração própria.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 42,3% dos alunos obteve êxito sucessivo na pergunta 01, 26,9% progrediu e acertou a questão no questionário final, 19,2% regrediu e apenas 11,5% não obteve sucesso em ambos os questionários.

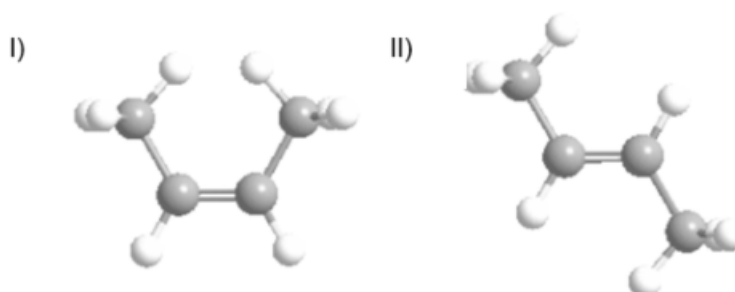
Observando-se o desempenho dos alunos ao longo da disciplina, pode-se inferir que os resultados foram satisfatórios em virtude da repetibilidade de acertos e progressão dos alunos, isso demonstra que a sequência didática se mostrou potencialmente eficiente.

6.3.2 Desempenho dos alunos na pergunta 02 e 03 do questionário final.

Nas questões 02 (Figura 26) e 03 (Figura 27) do questionário final envolvendo o conceito de estereoisômeros do tipo *cis-trans*, os alunos apresentaram evolução considerável no número de acertos. O desempenho dos alunos na pergunta 02 do questionário final foi de 84,6% de acerto, e na pergunta 03 do questionário final foi de 73,1% de acerto, crescimento de 15,4% e 7,7% respectivamente. Pode-se inferir que a mudança da representação dos compostos para a representação tridimensional e as intervenções didáticas realizadas em vista do levantamento prévio inicial favoreceram para alcançar o resultado positivo.

Figura 26. Questão 02 do questionário final.

02. Os compostos I e II representam isômeros *cis-trans* (geométricos) por que?



A) Além da presença de ligação dupla, cada um dos carbonos apresenta dois ligantes diferentes entre si.

B) Não são isômeros *cis-trans* (geométricos).

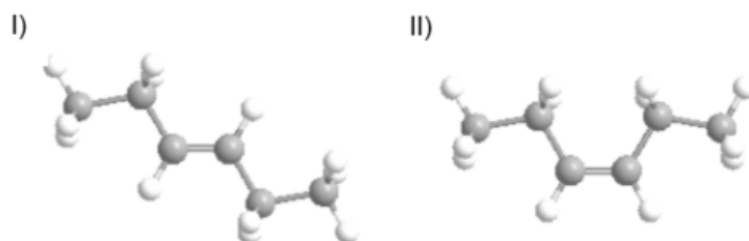
C) Os carbonos fazem ligações apenas com átomos de hidrogênio.

D) Apresentam carbono assimétrico.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 27. Questão 03 do questionário final.

03. As representações I e II representam isômeros cis-trans (geométricos). De acordo com a regra de nomenclatura, o descritor cis e trans serão atribuídos na(s) estrutura(s):



- A) I - cis II - trans
- B) I - trans e II - cis
- C) I - cis e II - cis
- D) I - trans e II - trans

Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao desempenho dos alunos na pergunta 02, uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 61,5% manteve o desempenho positivo e 23,1% progrediu no conceito, conseguindo classificar os isômeros como *cis* ou *trans*, ainda, 7,7% regrediu ao errar a classificação dos isômeros e a mesma parcela de 7,7% se mantiveram sem acertos.

Analisando os dados da pergunta 09, uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 50% obteve o mesmo desempenho positivo e 23,1% evoluiu no conceito, conseguindo atribuir o descritor *trans* e *cis* corretamente, 15,4% regrediu e 11,5% mantiveram se sem acertos.

Analisando o percentual de acertos, a alternativa correta foi marcada pela maioria dos alunos em ambos os questionários, isso pode demonstrar que a maior parte dos alunos tem conhecimento sobre o conceito de isômeros *cis-trans*, isso demonstra que a metodologia de representação escolhida se mostrou eficiente.

6.3.3 Desempenho dos alunos nas perguntas 04 e 05 do questionário final.

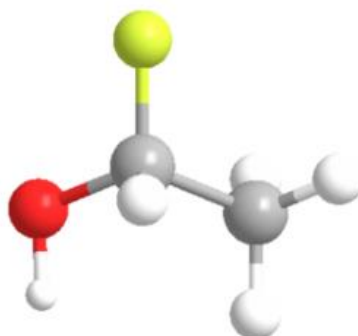
As questões 04 (Figura 28) e 05 (Figura 19) do questionário final envolviam o conceito de quiralidade e simetria.

Houve aumento de 15,4% na porcentagem de acertos na questão 04 do questionário final, elevando o total de acertos de 61,5% para 76,9%. Isso se deve a evolução do conceito trabalhado em sala de aula em que uma parcela dos 100%

dos alunos, perfazendo 46,2% obteve o mesmo desempenho positivo e 30,8% progrediu, conseguindo identificar que o carbono central possui quatro ligantes diferentes ligados a ele. Entretanto, 15,4% regrediu e 7,7% se mantiveram sem acertos.

Figura 28. Questão 04 do questionário final.

04. Analise a estrutura abaixo e assinale a alternativa que julgar verdadeira:



- A) É uma substância quiral.
- B) O carbono central é simétrico.
- C) O carbono central não possui ligantes diferentes.
- D) O carbono central não faz ligações com hidrogênio.

Fonte: Elaboração própria.

Houve melhora significativa no número de acertos (23,1%) para a pergunta 05 do questionário final, que passou de 19,2% para 42,3%. Após a intervenção didática uma parcela de 30,8% dos alunos conseguiu compreender que um objeto quiral tem imagem especular não sobreponível, e a imagem especular das letras usadas na pergunta 5 são idênticas quando sobrepostas.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 11,5% obteve o mesmo desempenho positivo e 30,8% progrediu conseguindo identificar as letras como assimétricas, 7,7% regrediu e 50% mantiveram se sem acertos.

Com relação a porcentagem de alunos que permaneceu sem acertos, essa parcela dos alunos não apresentou os conhecimentos necessários para a compreensão da questão envolvendo o conceito de quiralidade. Raupp e Del Pino (2013) justificam o ocorrido afirmando que não basta o aluno ter acesso às projeções tridimensionais, mas ele também precisa ter a habilidade de manipulá-la mentalmente. A questão de número 5 reforça a dificuldade dos alunos em transitar entre os vértices do triângulo de Johnstone (1993) ao não conseguir manipular mentalmente as fórmulas e estruturas moleculares.

Mesmo com a progressão significativa dos alunos nas perguntas 04 e 05, percebe-se que os alunos ainda têm dificuldade para identificar o caso da assimetria, o que demonstra que mais exemplos devem ser mostrados aos alunos. A sequência didática não se mostrou ineficiente, mas que carece de algumas melhorias.

6.3.4 Desempenho dos alunos nas perguntas 06, 07 e 08 do questionário final.

O conceito de quiralidade é fundamental para a compreensão de diversos conceitos da química e biologia, entretanto, o modo como se dá o ensino desse conteúdo, com foco em conceitos e sua aplicação em exercícios mecânicos e descontextualizados representa um grande desafio para professores que sentem a necessidade de buscar alternativas que sejam mais significativas e que vão além das abordagens tradicionais apresentadas nas apostilas e livros didáticos. A quiralidade é comumente representada por um par de mãos, sem relacionar com a devida ênfase o conceito com modelos moleculares (RAUPP; DEL PINO, 2013).

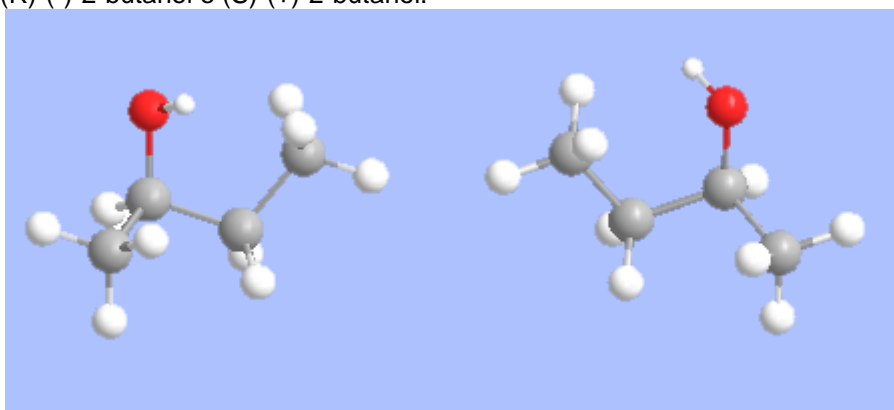
Após a sequência de atividades utilizando o *software* como material didático, nota-se que o percentual de acerto nas questões que tratam dos enantiômeros melhorou em relação ao desempenho dos alunos no questionário inicial.

As questões 06 (Figura 20), 07 (Figura 21) e 08 (Figura 22) do questionário final tratavam do conceito de enantiômeros e atividade óptica. A compreensão dos conceitos foi avaliada por meio de questões objetivas que exigiam dos alunos compreensão sobre propriedades dos enantiômeros, arranjo espacial e definição do conceito. As representações mantiveram-se as mesmas.

A partir dos dados analisados da pergunta 06, que trata da correta colocação dos pares de enantiômeros (dextrorrotatório ou levorrotatório), constatou-se que houve aumento de 38,5% na porcentagem de acertos, passando de 11,5% para 50%. Pode-se inferir que o desempenho inicial “ruim” se dá por ser um conceito bastante abstrato.

Após a intervenção, onde foi empregado exemplos macroscópicos e representações tridimensionais produzidas pelo *software* ADC/ChemSketch (Figura 29), 42,3% dos alunos obtiveram resultado positivo; 7,7% obteve o mesmo desempenho positivo; 3,8% regrediu e 46,2% mantiveram-se sem acertos.

Figura 29. (R)-(-)-2-butanol e (S)-(+)-2-butanol.



Fonte: Elaboração própria.

A questão número 07 tratava das propriedades dos enantiômeros. Houve aumento no número de acertos, passando de 53,8% para 84,6%, um crescimento de 30,8%. Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 38,5% dos alunos evoluiu e acertou a pergunta, 7,7% regrediu, 46,2% obteve o mesmo resultado positivo e 7,7% mantiveram-se sem acertos.

A pergunta 08 do questionário final era relacionada a isomeria óptica, e relacionava a assimetria como sendo uma característica necessária dessa classe de enantiômeros. A porcentagem de acerto se manteve em 50%, sendo que 34,6% obteve o mesmo resultado positivo, 15,4% evoluiu, 15,4% regrediu e 34,6% mantiveram-se sem acertos.

Mesmo que uma parcela considerável de alunos tenha obtido melhor pontuação no questionário final, ainda não foi obtido um resultado considerado excelente, mas evidencia que a sequência didática se mostrou potencialmente eficiente, mas que carece de algumas melhorias.

6.3.5 Desempenho dos alunos na pergunta 09 do questionário final.

Em relação ao desempenho dos alunos na pergunta 09, que trata do tipo de isomeria existente em duas substâncias, pode-se inferir que os alunos ainda têm dificuldades para associar o conceito de isomeria em situações onde não se trata de isômeros com a mesma fórmula molecular. Pode-se inferir que o erro pode estar associado a interpretação da questão, pois os alunos conseguem definir o que é um isômero, como visto na questão 1 dos questionários inicial e final.

Houve melhora significativa na porcentagem de acertos (30,8%), passando de 23,1% para 53,8%, sendo que 38,5% evoluiu, 15,4% manteve o mesmo resultado positivo, 7,7% regrediu e 38,5% permaneceu sem acertos.

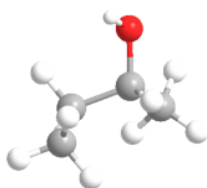
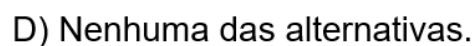
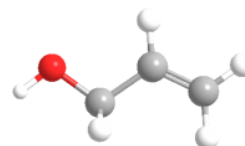
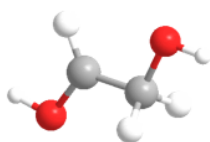
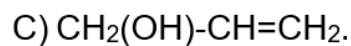
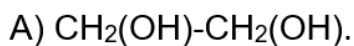
Mesmo que tenha aumentado a porcentagem de acertos, 46,2% ainda permaneceu sem acertar a questão, o resultado encontrado não é o ideal, mas como pode-se observar na porcentagem de evolução dos alunos, indicativo que a sequência didática pode ser eficiente, mas que carece de algumas correções.

6.3.6 Desempenho dos alunos na pergunta 10 do questionário final.

A questão de número 10, tratava da ocorrência de isomeria óptica. A representação inicialmente utilizada, fórmula estrutural condensada, foi substituída por representações tridimensionais (Figura 30). Em virtude da melhora no desempenho dos alunos, pode-se inferir que a representação tridimensional pode facilitar a determinação de carbonos assimétricos pelos alunos.

Figura 30. Questão 10 do questionário final.

10. Das seguintes fórmulas estruturais, em qual pode ocorrer isomeria óptica:



Fonte: Elaboração própria.

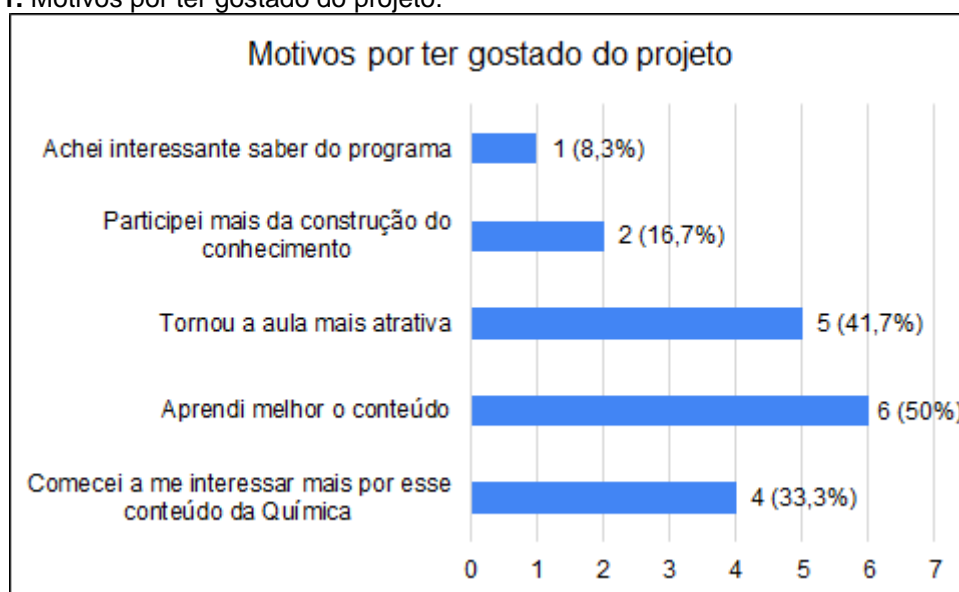
A porcentagem de acertos passou de 42,3% para 80,8%, melhora de 38,5%. Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 42,3% dos alunos progrediu, 38,5% manteve-se constante, apenas 3,8% regrediu e 15,4% permaneceu sem acertos.

Analisando os dados, a alternativa correta foi marcada pela maioria dos alunos, o que pode demonstrar que a representação tridimensional pode servir de ajuda quando empregada em determinados conceitos, como é o caso da isomeria *cis-trans*, de carbonos assimétricos etc. O resultado obtido demonstra que a sequência didática se mostrou potencialmente eficiente sob este aspecto.

6.4 Avaliação do projeto pelos alunos

O projeto desenvolvido foi muito bem aceito pelos alunos de ambas as turmas. Todos os alunos informaram ter gostado do projeto. Por meio do questionário de avaliação do projeto, foi possível elencar quais os motivos que levaram a 100% de aprovação do projeto, conforme visualizado no Gráfico 1:

Gráfico 1. Motivos por ter gostado do projeto.

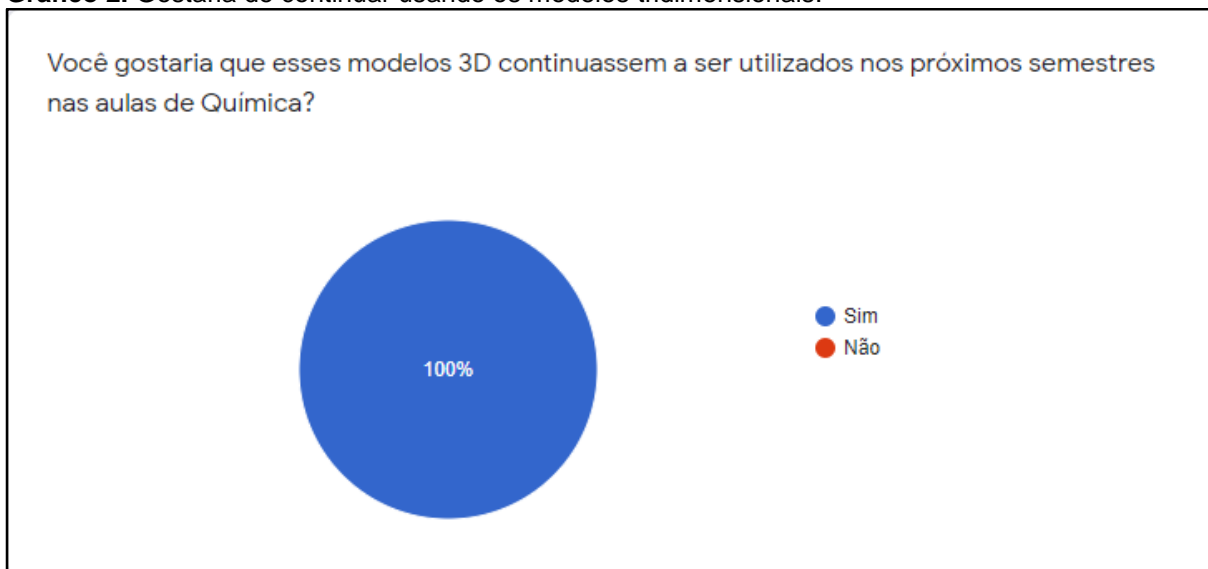


Fonte: Elaboração própria.

De acordo com os dados fornecidos pelos alunos, a utilização do *software* contribuiu em vários aspectos, sendo que o aspecto mais apontado foi a melhora da aprendizagem, como pode ser visto na fala do alunos 2: “aprendi melhor o conteúdo”. Ainda, o aluno relatou que achou interessante saber do programa, uma vez que o mesmo desconhecia esse tipo de *software*.

Outrossim, foi constatado que 100% dos alunos gostariam que a utilização do *software* continuasse nos próximos semestres, como podemos observar no Gráfico 2:

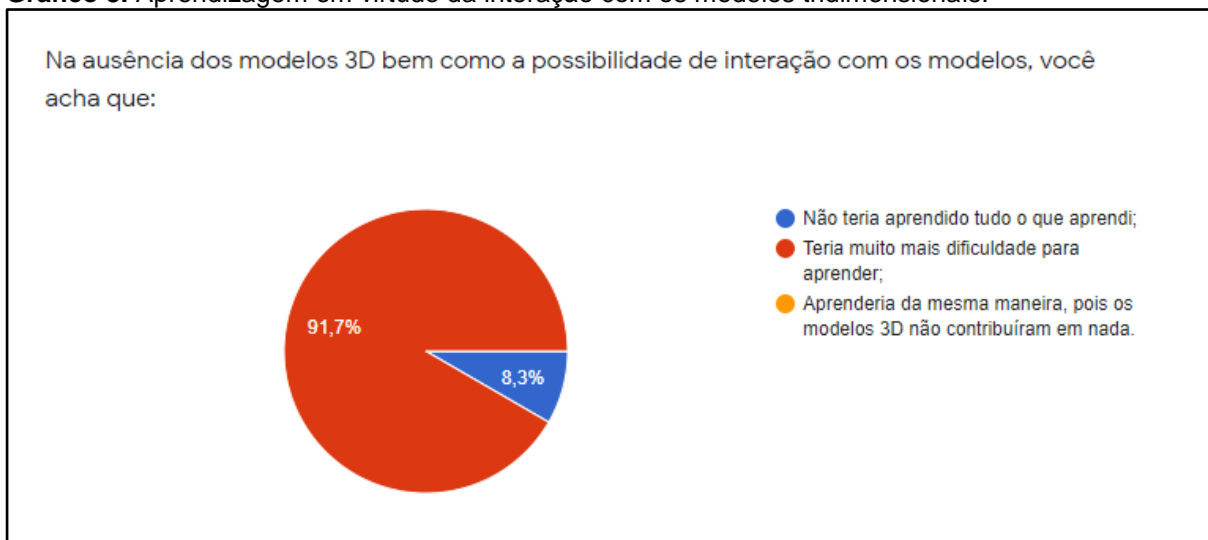
Gráfico 2. Gostaria de continuar usando os modelos tridimensionais.



Fonte: Elaboração própria.

Os alunos também apontaram que na ausência das representações tridimensionais teriam muito mais dificuldade para aprender os conceitos ensinados, como podemos observar no Gráfico 3:

Gráfico 3. Aprendizagem em virtude da interação com os modelos tridimensionais.

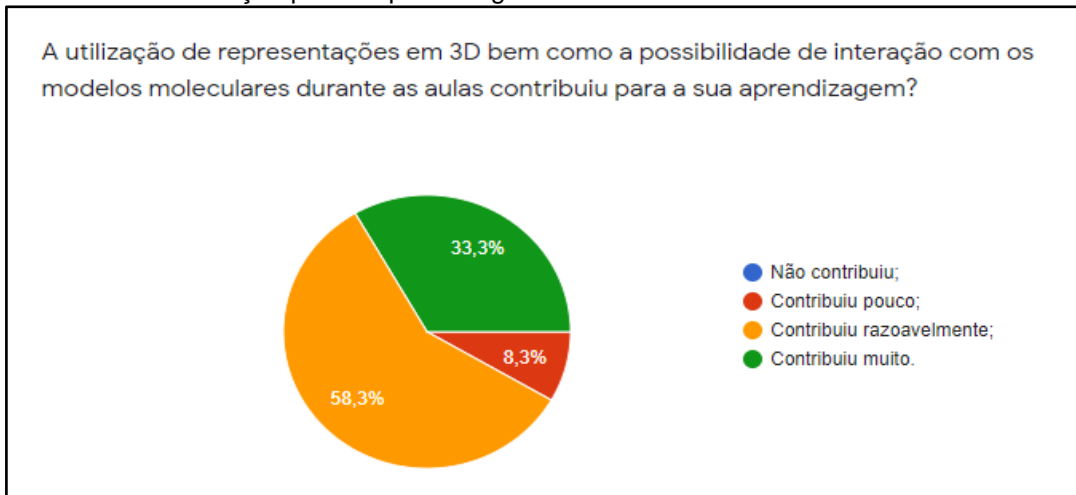


Fonte: Elaboração própria.

Uma parcela dos 100% dos alunos, perfazendo 8,3% mencionou que sem o *software* não teria aprendido tudo o que aprendeu. Não houve apontamento de que o aluno aprenderia da mesma maneira, uma vez que a maior parcela dos alunos

indicou que a interação com as representações tridimensionais contribuiu para sua aprendizagem, como podemos observar no Gráfico 4:

Gráfico 4. Contribuição para a aprendizagem.



Fonte: Elaboração própria.

Para a maioria dos alunos (58,3%) a utilização das representações contribuiu razoavelmente para sua aprendizagem. Ainda, 33,3% indicou que contribuiu muito e apenas 8,3% indicou que contribuiu pouco.

Em relação ao nível de dificuldade encontrado para realizar as atividades propostas, a maioria (75%) indicou que algumas atividades eram difíceis e outras fáceis, uma parcela de 16,7% mencionou que as atividades eram difíceis no começo e com o passar do tempo ficaram mais fáceis e apenas 8,3% apontou que todas as alternativas eram fáceis, como podemos observar no Gráfico 5:

Gráfico 5. Nível de dificuldade encontrada nas atividades.



Fonte: Elaboração própria.

De maneira geral, os alunos apontaram que o material ajudou no processo de aprendizagem e quando questionado aos alunos quais foram os pontos positivos da utilização dos modelos tridimensionais, alguns alunos citaram:

Ficou uma maneira mais didática e fora do comum o que faz gravar mais a matéria (Aluno 4 - Turma B).

Absorve mais os conteúdos, maior aprendizagem de uma forma mais detalhada (Aluno 23 - Turma A).

Um melhor entendimento para diferenciar as isomerias (Aluno 11 - Turma B).

Quando questionados sobre quais foram os pontos negativos da utilização dos modelos tridimensionais, a maior parcela dos alunos indicou que não houve ponto negativo. Os depoimentos a seguir reforçam essa afirmação:

Não teve ponto negativo (Aluno 15 - Turma A).

Não tive acho ponto negativo (Aluno 10 - Turma B).

No espaço destinado a comentários adicionais por conta dos alunos, os depoimentos reforçam que o modelo tridimensional apresenta resultados satisfatórios e ajuda no processo de ensino-aprendizado, como podemos observar a seguir:

Eu acho interessante esses modelos 3D, estou começando a entender melhor a matéria através deles (Aluno 20 - Turma A).

Acho que devemos ter mas conteúdo desses para melhor aprendizado (Aluno 13 - Turma A).

De maneira geral, foi possível constatar um melhor desempenho dos alunos ao longo do ano letivo, sendo que o desempenho geral foi melhor em todos os tópicos abordados, o que pode estar aliado com os conhecimentos advindos ao das demais disciplinas que os alunos cursam concomitantemente, o que não diminui o resultado obtido e que pode ser corroborado pela avaliação do projeto pelos alunos.

7. Considerações Finais

A pesquisa realizada teve como objetivo investigar se a implementação de ferramentas facilitadoras como o uso do *software* ACD/ChemSketch pode servir como importante ferramenta no processo de ensino-aprendizagem de conceitos da estereoquímica. Ao se analisar os resultados obtidos ao longo da pesquisa pode-se perceber que o material aplicado é potencialmente eficiente.

Com base nos dados coletados e observações obtidas durante o processo de aplicação da pesquisa, fica evidente que o uso de ferramentas que tornam o aluno protagonista na construção de seu conhecimento são potencializadoras da aprendizagem e favorecem o engajamento dos alunos.

Durante a pesquisa, o tempo foi um fator determinante, já que muitas vezes os alunos que vinham de uma jornada de trabalho não dispunham de tanta energia e concentração. A defasagem de aprendizagem de alunos que já se formaram a mais tempo também dificultou a aplicação de novos conceitos. Houve relatos de alunos que sequer cursaram a disciplina de química durante o ensino regular.

Em vista das dificuldades apresentadas, a abordagem focada na interação do sujeito com o que se pretende ensinar, bem como a contextualização dos conceitos e os relacionando com os níveis representacional, submicroscópico e macroscópico, traz sentido ao que é ensinado, não apenas focando na nomenclatura e disposição da estrutura que está sendo representada, como costuma ocorrer no ensino tradicional. Foi possível perceber que os alunos conseguiram enxergar e manipular mentalmente os compostos com mais facilidade e relacionar com seu cotidiano.

O material por si só não garantiu a aprendizagem de todos os conceitos aos participantes da pesquisa, mas com as sugestões apresentadas, este material tem boas perspectivas para o futuro. Desse modo, advoga-se que a utilização de ferramentas tecnológicas como mediadoras no processo de ensino-aprendizagem é de enorme potencial. Para tanto, pesquisas acerca do uso didático desses materiais, sua implementação em sala de aula e cursos de formação e capacitação profissional dos professores – tanto em formação inicial quanto continuada - para que possam utilizar em suas práticas de ensino são fulcrais para o processo de ensino-aprendizagem.

Referências

- ARROIO, A.; HONÓRIO, K. M.; WEBER, K. C.; HOMEM-DE-MELLO, P.; GAMBARDELLA, M. T. P.; SILVA, A. B. F. O show da Química: motivando o interesse científico. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 01, pp. 173-178, 2006.
- BELO, R. A. **Entre a crítica ao progresso e as contribuições da tecnologia na sociedade atual**: uma discussão da relação entre TIC, educação e o trabalho docente. Revista Educação à Distância e Práticas Educativas Comunicacionais e Interculturais(EDaPECI), Universidade Federal de Sergipe(UFS), v.14, n.2, p.322-338 maio/ago 2014.
- BEZERRA, A. F. et al. Utilização da química computacional como ferramenta de auxílio no aprendizado dos conteúdos do ensino médio. In: 5º CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 5. 2013, Natal. **Anais...** Natal, 2013. p. 1 - 8.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN + Ensino médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.
- BRUICE, P. Y. **Química Orgânica**. 4. ed. São Paulo: Pearson Pretice Hall, 2006. 704 p.
- CORREIA, M. E. A. et al. INVESTIGAÇÃO DO FENÔMENO DE ISOMERIA: concepções prévias dos estudantes do ensino médio e evolução conceitual. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 83-100, maio-ago. 2010.
- CUNHA, M B. Jogos no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p.243-246, maio 2012.
- FERREIRA, A. A. O computador no processo de ensino-aprendizagem: **da resistência a sedução**. **Trabalho & Educação**, v. 17, n. 2, p.65-76, maio 2008.
- FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 164 p.
- FUGIMOTO, S. M. A.; ALTOÉ, A. **O computador na escola: professor de educação básica e sua prática pedagógica**. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA DO PPE, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/DFE/DTP/PPE, 2009.
- GIORDAN, Marcelo. **Computadores e linguagens nas aulas de CIÊNCIAS**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008. 328 p.
- GONÇALVES, R.O.; CRISÓSTOMO, L.C.S.; MARINHO, M.M.; CASTRO, R.R.; MARINHO, E.S. **Estudo in silico da molécula do Ácido (2S)-1-[(2S)-2-metil3sulfanilpropanoil] pirrolidina-2-carboxílico (CAPTOPRIL)**. XX Encontro de Iniciação 76 à Pesquisa Universidade de Fortaleza, 20 a 24 de Outubro de 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico: Jaú**. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/jau/>>. Acesso em: 02 nov. 2019.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching. **University of Chemistry Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

MIGLIATO FILHO, J. R. **Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do Ensino Médio**. 2005, 120p. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

MORTIMER, E. F.; MACHADO A. H.; ROMANELLI, L. I. A Proposta Curricular De Química Do Estado De Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 2, n. 23, p.273-283, 2000.

NOVAIS P. A. F.; SIMIÃO, L. F. **Modelagem computacional para o ensino de funções com o uso do software *modellus***. In: I encontro de Ensino Pesquisa e Extensão-EPEX, 2010. *Anais...* Dourados, 2010.

OBLINGER, D. G. Multimedia in the classroom. **Information Technology and Libraries**, v. 12, n. 2, p. 246-247, 1993.

OLIVEIRA, R. C. **Uso de modelos moleculares por alunos de ensino médio: contribuições para o desenvolvimento de modelos mentais de conceitos químicos**. 2012. 220 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

OLIVEIRA, S. F. et al. Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: experiências computacionais para evidenciar micromundos. **Química Nova Na Escola**, v. 5, n. 3, p.147-151, ago. 2013.

ORTOLAN, A. O. **Apostila De Práticas De Química Computacional**. 2014. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco.

RAUPP, D. T.; DEL PINO, J. C. **O desafio do ensino de estereoquímica no Ensino Médio e o papel da visualização**. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9, 2013, Águas de Lindóia. *Anais...* Águas de Lindóia, 2013. 8 p.

RODRIGUES, C. R. Modelagem molecular. **Química Nova Na Escola**, n. 3, p. 147-151, maio 2001.

ROSA, P. R. S. Uma Introdução à Pesquisa Qualitativa Em Ensino De Ciências. **Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**, Campo Grande, 2013.

SANTOS, D. O.; WARTHA E. J.; SILVA FILHO, J. C. **Softwares educativos livres para o Ensino de Química: análise e categorização**. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15, 2010, Brasília. *Anais...* Brasília, 2010. 11 p.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise De Conteúdo: Exemplo De Aplicação Da Técnica Para Análise De Dados Qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, [S.l.], v. 16, n. 1, maio 2015.

SKAF, M. S. O Prêmio Nobel de Química 2013. **Química Nova Na Escola**, v. 35, n. 4, p.243-246, nov. 2013.

SOUZA, I. M. A.; SOUZA, L. V. A. O uso da tecnologia como facilitadora da aprendizagem do aluno na escola. **Fórum Identidades**, Itabaiana, v. 8, n. 4, p.127-142, jul. 2010.

SOUZA, M. P. et al. Titulando 2004: um software para o ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 22, p.35-37, nov. 2005.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007. 132 p.

APÊNDICE 01:

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

ELEMENTOS BÁSICOS DE CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	
Instituição	Instituto de Química – Unesp – <i>Campus</i> Araraquara
Departamento	Química Geral e Inorgânica
Pesquisador Responsável	Bruno Ruiz Gomes
Título do Projeto	Uso de <i>softwares</i> no processo de ensino-aprendizagem de isomeria no contexto da Química Orgânica.
Objetivo	Investigar a eficácia da utilização de softwares de simulação como material didático.

1. Abordagem de Pesquisa

Optamos pela abordagem qualitativa de pesquisa. Essa abordagem mostra-se mais apropriada aos objetivos desse projeto, já que tem como pretensão investigar a eficácia da utilização de softwares e representações tridimensionais no contexto de Ensino e da Aprendizagem da Química Orgânica, mediante a análise de diferentes formas de interação dos sujeitos da pesquisa e os softwares. Espera-se obter um aprimoramento do Ensino e da Aprendizagem de Química.

2. Direitos dos Participantes:

Os envolvidos nessa pesquisa têm o direito de receber esclarecimentos acerca da investigação desenvolvida antes ou durante o curso desse estudo seja com o Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Unesp ou com o pesquisador responsável. Também possuem o direito de retirar o termo de consentimento em qualquer fase de desenvolvimento da pesquisa ou mesmo recusar sua participação sem qualquer penalização ou prejuízo ao seu cuidado.

3. Direito de Confidencialidade:

As informações obtidas serão analisadas e divulgadas, quando autorizadas pelos participantes, de forma a evitar sua identificação, utilizando-se para isso códigos e números.

4. Acesso às Informações da Pesquisa:

É assegurado aos participantes da pesquisa o direito de serem informados sobre os resultados parciais e finais da investigação, quando em estudos abertos, ou resultados que sejam do conhecimento dos pesquisados.

5. Compromisso dos Pesquisadores:

Os pesquisadores devem utilizar os dados e os materiais coletados somente para contemplar os objetivos propostos por essa investigação.

Você está recebendo uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Bruno Ruiz Gomes

(14)99870-7977

bruno.ruiz@unesp.br

Após a leitura do exposto acima, acredito ter sido suficientemente informado a respeito da pesquisa "Uso de *softwares* no processo de ensino-aprendizagem de isomeria no contexto da Química Orgânica". Declaro para os devidos fins que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

APÊNDICE 02:

Problematização

APÊNDICE 03:

Questionário Inicial

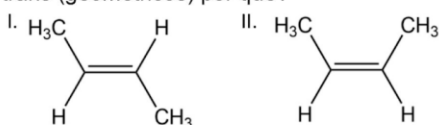
Nome do aluno: _____ Turma: _____

01. Os compostos I e II representam isômeros por possuírem as seguintes características:



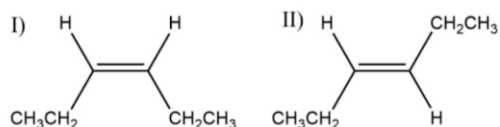
- A) São isômeros porque ambos possuem cadeia plana.
B) São isômeros porque ambos possuem oxigênio na estrutura.
C) São isômeros porque são compostos iguais que apresentam a mesma fórmula molecular.
D) São isômeros porque são compostos diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular.

02. Os compostos I e II representam isômeros cis-trans (geométricos) por que?



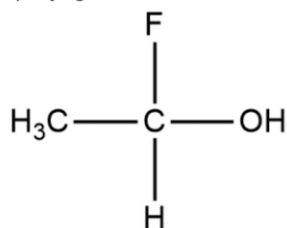
- A) Além da presença de ligação dupla, cada um dos carbonos apresenta dois ligantes diferentes entre si.
B) Não são isômeros cis-trans (geométricos).
C) Os carbonos fazem ligações apenas com átomos de hidrogênio.
D) Apresentam carbono assimétrico.

03. As representações I e II representam isômeros cis-trans (geométricos). De acordo com a regra de nomenclatura, o descritor cis e trans serão atribuídos na(s) estrutura(s):



- A) I - cis II - trans
B) I - trans e II - cis
C) I - cis e II - cis
D) I - trans e II - trans

04. Analise a estrutura abaixo e assinale a alternativa que julgar verdadeira:



- A) É uma substância quiral.
B) O carbono central não é assimétrico.
C) O carbono central não possui ligantes diferentes.
D) O carbono central não faz ligações com hidrogênio.

05. Assinale a alternativa que julgar correta:

A - H - I - M - O

- A) As cinco letras maiúsculas acima são quirais.
B) As cinco letras maiúsculas acima são aquirais.
C) As cinco letras maiúsculas não tem imagem especular sobreponível.
D) Todas as alternativas são falsas.

06. Os pares de enantiômeros estão corretamente colocados na alternativa:

- A) Dextrorrotatório e levorrotatório.
B) Carbono simétrico.
C) Imagem especular.
D) Nenhuma das alternativas.

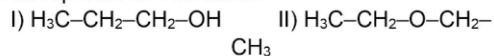
07. As propriedades físicas do par de enantiômeros são iguais, exceto:

- A) Ponto de fusão.
B) Ponto de ebulição.
C) Desvio sobre a luz polarizada.
D) Todas as propriedades são iguais.

08. Para que uma espécie química tenha isômeros ópticos é necessário que sua molécula apresente:

- A) Um plano de simetria.
B) Pelo menos dois átomos de carbono unidos por ligação dupla.
C) Assimetria.
D) Átomos de carbono.

09. Assinale a alternativa que o tipo de isomeria corresponde às estruturas:



- A) Isomeria constitucional.
B) Isomeria cis-trans (geométrica).
C) Isomeria óptica.
D) Não são isômeros.

10. Das seguintes fórmulas estruturais, em qual pode ocorrer isomeria óptica:

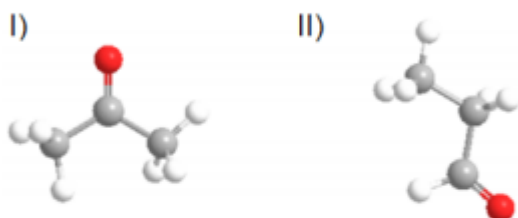
- A) $\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$.
B) $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}-\text{CH}_3$.
C) $\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}=\text{CH}_2$.
D) Nenhuma das alternativas.

APÊNDICE 04:

Questionário Final

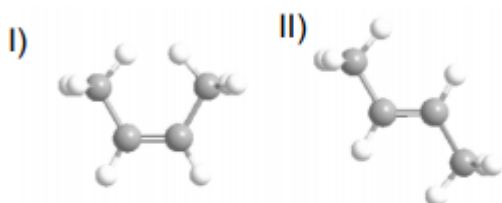
Nome: _____ Turma: _____

01. Os compostos I e II representam isômeros por possuírem as seguintes características:



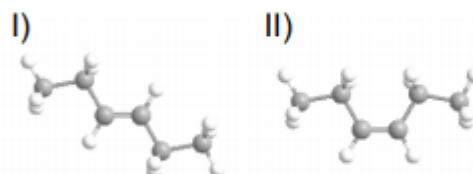
- A) São isômeros porque ambos possuem cadeia plana.
- B) São isômeros porque ambos possuem oxigênio na estrutura.
- C) São isômeros porque são compostos iguais que apresentam a mesma fórmula molecular.
- D) São isômeros porque são compostos diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular.

02. Os compostos I e II representam isômeros cis-trans (geométricos) por que?



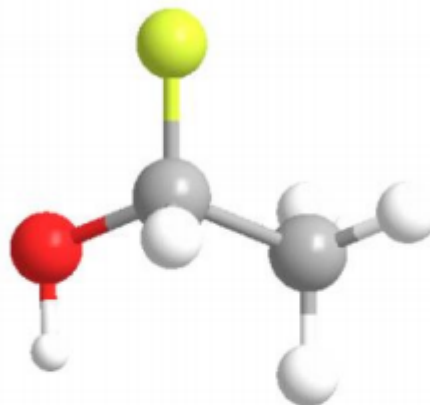
- A) Além da presença de ligação dupla, cada um dos carbonos apresenta dois ligantes diferentes entre si.
- B) Não são isômeros cis-trans (geométricos).
- C) Os carbonos fazem ligações apenas com átomos de hidrogênio.
- D) Apresentam carbono assimétrico.

03. As representações I e II representam isômeros cis-trans (geométricos). De acordo com a regra de nomenclatura, o descritor cis e trans serão atribuídos na(s) estrutura(s):



- A) I - cis II - trans
- B) I - trans e II - cis
- C) I - cis e II - cis
- D) I - trans e II - trans

04. Analise a estrutura abaixo e assinale a alternativa que julgar verdadeira:



- A) É uma substância quiral.
- B) O carbono central é simétrico.
- C) O carbono central não possui ligantes diferentes.
- D) O carbono central não faz ligações com hidrogênio.

05. Assinale a alternativa que julgar correta:

A – H – I – M – O

- A) As cinco letras maiúsculas acima são quirais.
- B) As cinco letras maiúsculas acima são aquirais.
- C) As cinco letras maiúsculas não tem imagem especular sobreponível.
- D) Todas as alternativas são falsas.

06. Os pares de enantiômeros estão corretamente colocados na alternativa:

- A) Dextrorrotatório e levorrotatório.
- B) Carbono simétrico.
- C) Imagem especular.
- D) Nenhuma das alternativas.

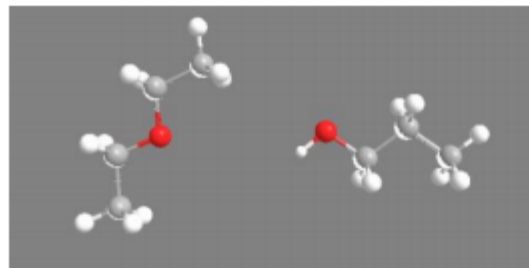
07. As propriedades físicas do par de enantiômeros são iguais, exceto:

- A) Ponto de fusão.
- B) Ponto de ebulição.
- C) Desvio sobre a luz polarizada.
- D) Todas as propriedades são iguais.

08. Para que uma espécie química tenha isômeros ópticos é necessário que sua molécula apresente:

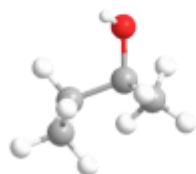
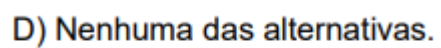
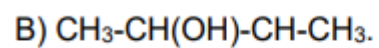
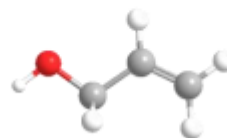
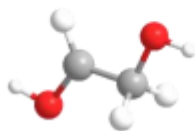
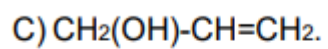
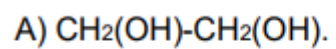
- A) Um plano de simetria.
- B) Pelo menos dois átomos de carbono unidos por ligação dupla.
- C) Assimetria.
- D) Átomos de carbono.

09. Assinale a alternativa que o tipo de isomeria corresponde às estruturas:



- A) Isomeria constitucional.
- B) Isomeria cis-trans (geométrica).
- C) Isomeria óptica.
- D) Não são isômeros.

10. Das seguintes fórmulas estruturais, em qual pode ocorrer isomeria óptica:



APÊNDICE 05:

Avaliação do Projeto

Avaliação do Projeto

*Obrigatório

1. Nome: *

2. Turma / Ano *

Marcar apenas uma oval.

- QNP / 2018
 QNQ / 2019
 QNQ / 2020

Avaliação do Projeto

3. Você gostou de ter participado das atividades envolvendo os softwares de modelos moleculares? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim *Pular para a pergunta 4*
 Não *Pular para a pergunta 5*

Você gostou de ter participado das atividades envolvendo os softwares de modelos moleculares?

7. Na ausência dos modelos 3D bem como a possibilidade de interação com os modelos, você acha que: *

Marcar apenas uma oval.

- Não teria aprendido tudo o que aprendi;
 Teria muito mais dificuldade para aprender;
 Aprenderia da mesma maneira, pois os modelos 3D não contribuíram em nada.

8. As atividades propostas utilizando a construção e interação com os modelos 3D foram: *

Marcar apenas uma oval.

- Difíceis no começo e com o passar do tempo ficaram mais fáceis;
 Todas fáceis;
 Todas difíceis;
 Algumas difíceis outras fáceis.

9. Você gostaria que esses modelos 3D continuassem a ser utilizados nos próximos semestres nas aulas de Química? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

10. Em sua opinião, quais foram os pontos positivos da utilização dos modelos 3D? *

4. Por que? Assinale quantas alternativas desejar. *

Marque todas que se aplicam.

- Comecei a me interessar mais por esse conteúdo da Química;
 Aprendi melhor o conteúdo;
 Tornou a aula mais atrativa;
 Particpei mais da construção do conhecimento;
Outro: _____

Pular para a pergunta 6

Você gostou de ter participado das atividades envolvendo os softwares de modelos moleculares?

5. Por que? Assinale quantas alternativas desejar. *

Marque todas que se aplicam.

- Não gostei das atividades;
 Não tenho interesse em aprender esse conteúdo da Química;
 Não compreendia bem o que era pra ser feito;
 Não gosto de atividades diferentes das que temos em sala de aula;
Outro: _____

Pular para a pergunta 6

Avaliação do Projeto

6. A utilização de representações em 3D bem como a possibilidade de interação com os modelos moleculares durante as aulas contribuiu para a sua aprendizagem? *

Marcar apenas uma oval.

- Não contribuiu;
 Contribuiu pouco;
 Contribuiu razoavelmente;
 Contribuiu muito.

11. Em sua opinião, quais foram os pontos negativos da utilização dos modelos 3D? *

12. Utilize o espaço a seguir caso queira fazer algum comentário adicional. *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE 06:

Problemas Propostos

Problema 1

- a) desenhe três isômeros constitucionais com a fórmula molecular C_3H_8O .
b) Quantos isômeros constitucionais você pode desenhar para $C_4H_{10}O$?

Problema 2

Desenhe os isômeros cis e trans para as seguintes substâncias:

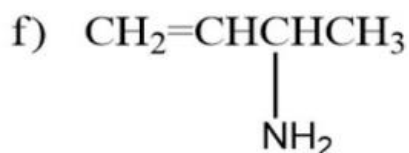
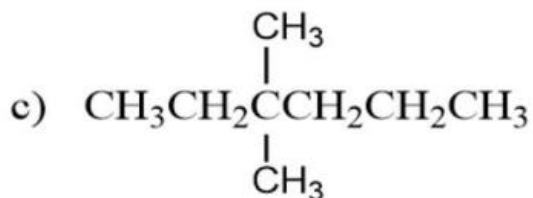
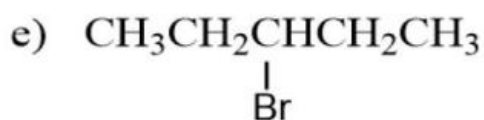
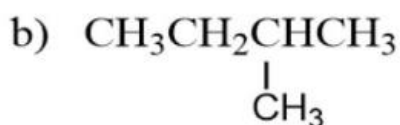
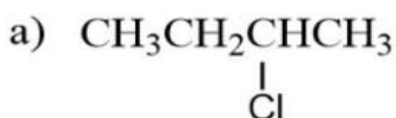
- a) 1-etil-3-metilciclobutano c) 1-bromo-4-clorociclo-hexano
b) 2-metil-3-hepteno d) 1,3-dibromociclobutano

Problema 3

- a) Dê o nome de cinco letras maiúsculas que sejam quirais
b) Dê o nome de cinco letras maiúsculas que sejam aquirais

Problema 4

Qual das seguintes substâncias tem carbonos assimétricos?

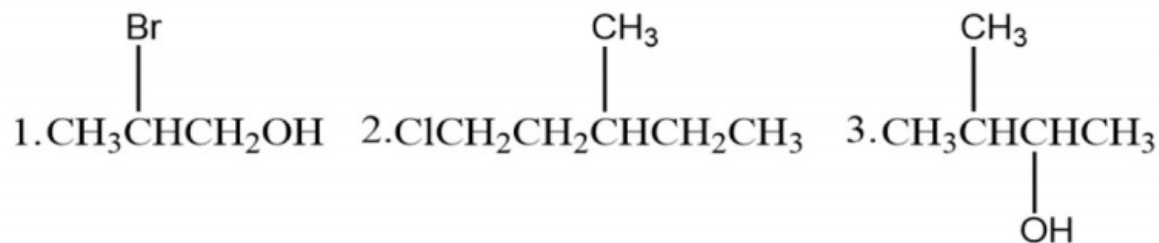
**Problema 5**

Quais das substâncias do problema 4 podem existir como enantiômeros?

Problema 6

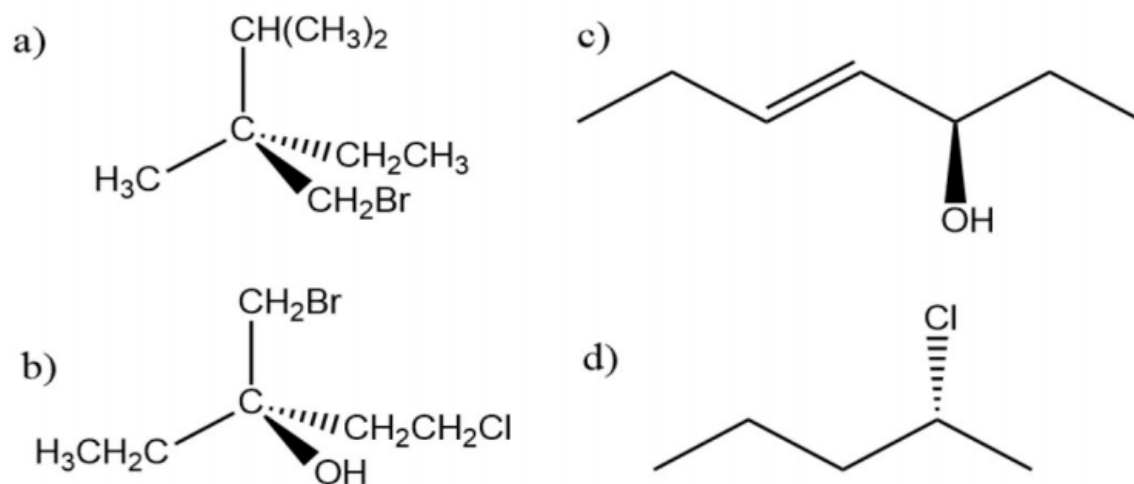
Desenhe enantiômeros para cada uma das substâncias usando:

- fórmulas em perspectiva
- projeções de Fischer
- projeções tridimensionais



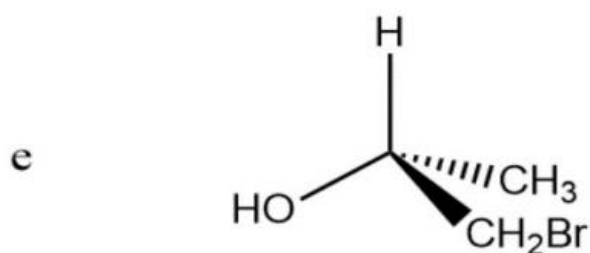
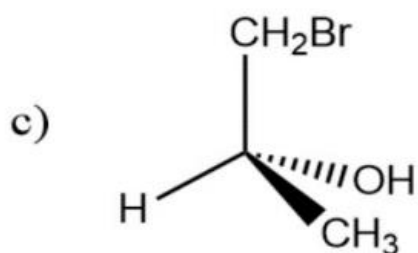
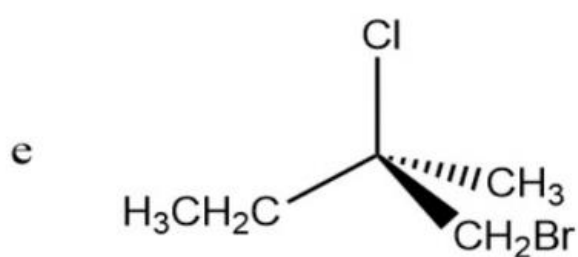
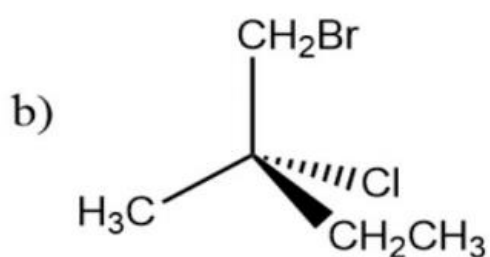
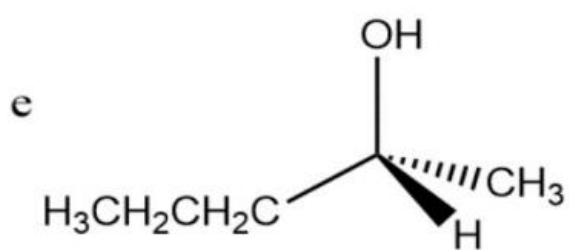
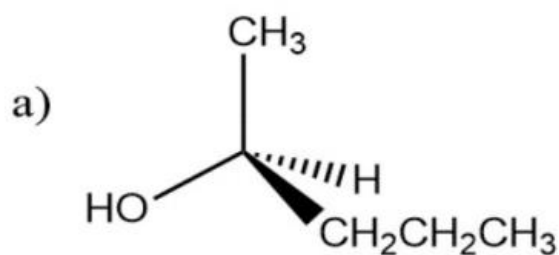
Problema 7

Indique se cada uma das seguintes estruturas tem configuração *R* ou *S*:



Problema 8

As estruturas seguintes são moléculas idênticas ou um par de enantiômeros?

**Problema 9**

Identifique se cada uma das estruturas tem configuração *R* ou *S*:

