

USO DE UM APLICATIVO NA CONSTRUÇÃO DE REPRESENTAÇÕES DE MOLÉCULAS ORGÂNICAS DURANTE O ENSINO REMOTO

USE OF AN APPLICATION IN CONSTRUCTION OF REPRESENTATIONS OF ORGANIC MOLECULES DURING REMOTE TEACHING


Talita Bernardi Barboza¹, Caio Murilo dos Santos², Rodolfo Kasuyoshi Kohori³, Gustavo Bizarria Gibin⁴


Recebido: abril/2022 Aprovado: outubro/2022


Resumo: A pesquisa foi realizada em uma escola pública de Presidente Prudente-SP, por licenciandos em Química atuantes em um projeto de ensino da universidade. Com a pandemia, o projeto foi aplicado de maneira remota, através do *Google Sala de Aula*, *Google Meet* e *Whatsapp*, para a comunicação entre os licenciandos e os participantes. Visando compreender e promover melhorias nos modelos mentais de alunos de uma turma da 3ª série do Ensino Médio, trabalharam conteúdos de Química Orgânica com o aplicativo *ModelAR Organic Chemistry*, em um minicurso durante duas semanas. Este permitiu visualizar e construir estruturas moleculares de diferentes moléculas orgânicas, através de representações tridimensionais. O uso dessas ferramentas foi bem recebido pelos estudantes e notou-se uma melhoria na aprendizagem do conteúdo inicial de hidrocarbonetos (alcanos, alcenos e alcinos). Foram encontradas dificuldades para nomear ou representar algumas moléculas orgânicas. As representações mais simples e lineares se mostraram corretas, mas houve dificuldades quando se trabalhou com estruturas ramificadas e insaturadas. Com o aplicativo, os estudantes representaram de maneira adequada a maioria das estruturas das moléculas orgânicas. Assim, há evidências de que o uso desse aplicativo possibilita o aluno a construir e a representar de maneira fácil seus modelos mentais sobre moléculas orgânicas.


Palavras-chave: Ensino de Química, aplicativos de *smartphone*, modelos mentais.

Abstract: The research was carried out in a public school in Presidente Prudente city, by undergraduates in Chemistry working in a teaching project. Due to the pandemic, the project was applied remotely, through *Google Classroom*, *Google Meet* and *Whatsapp*, for communication between researchers and students. In order to understand and promote improvements in the mental models of students in a 3rd year high school class, Organic Chemistry content was worked on through the *ModelAR Organic Chemistry* application, in a two-week mini-course. This allowed visualizing and building molecular structures of different organic molecules, through three-dimensional representations. The use of these tools was well received by the students and an improvement was noticed in the learning of the initial content of hydrocarbons (alkanes, alkenes and alkynes). Difficulties were encountered in naming or representing some organic molecules. The simplest and linear representations proved to be correct, but when working with branched and unsaturated structures difficulties appeared. With the application, the students adequately

¹  <https://orcid.org/0000-0001-1502> - Licenciada em Química pela Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCT – UNESP), Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. E-mail: talita.bernardii@gmail.com

²  <https://orcid.org/0000-0001-8071-5441> – Licenciado em Química pela Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCT – UNESP), Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. E-mail: caio.muh@gmail.com

³  <https://orcid.org/0000-0002-3478-1015> – Licenciado em Química pela Faculdade Oswaldo Cruz e mestre em ensino de Física pelo Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCT – UNESP), Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Docente na EE Fernando Costa em Presidente Prudente – SP. E-mail: rktomqui@gmail.com

⁴  <https://orcid.org/0000-0001-9473-255X> - Doutor em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Professor assistente doutor Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FCT – UNESP). Credenciado no Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos. Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Endereço completo para correspondência: Rua Roberto Simonsen, 305 – Centro Educacional, Presidente Prudente – SP – CEP: 19060-900. E-mail: gustavo.gibin@unesp.br

represented most of the organic molecules. Thus, there is evidence that the use of this application enables the student to easily build and represent their mental models of organic molecules.

Keywords: Chemistry teaching, smartphone apps, mental models.

1. Introdução

A disciplina de Química é, geralmente, vista como complexa por parte dos discentes, pois envolve a compreensão de conceitos abstratos, o que exige muito da imaginação do aluno. Segundo Pauletti et al. (2014), existem três níveis de representação para os conceitos químicos: o macroscópico; o microscópico e o simbólico. O macroscópico, representa fenômenos e processos químicos que são visíveis a olho nu. O microscópico compreende os movimentos e arranjos de partículas, átomos e moléculas. O simbólico engloba a linguagem da Química, ou seja, as equações, fórmulas e estruturas (PAULETTI et al., 2014).

Para Silva e Núñez (2007), os cientistas constroem modelos para compreender fenômenos e achar soluções para problemas. Na Química, as teorias e os modelos científicos são utilizados para relacionar o mundo macroscópico com o submicroscópico. A Ciência constrói e usa modelos para explicar as teorias existentes e também para expressar sua linguagem. No Ensino de Ciências, os processos de ensino-aprendizagem em Química corroboram para a construção de modelos mentais por parte dos alunos, baseados nos científicos aceitos. Na escola, o ensino de Ciências pode se tornar difícil, quando não se emprega o uso de modelos conceituais explicativos para promoção da aprendizagem (SILVA; NÚÑEZ, 2007).

O referencial teórico deste trabalho é a teoria de modelos mentais de Johnson-Laird. O raciocínio do ser humano está diretamente relacionado à formação de modelos mentais, formando descrições, explicações, e conclusões geradas em um mecanismo cognitivo (SOUZA, 2013). Johnson-Laird (1983) explica que, o ser humano desenvolve seu raciocínio através desses modelos, que consistem em blocos de construção cognitivos, ajustados e reajustados conforme a vivência de cada pessoa. Um modelo tem uma semelhança estrutural ao processo que modela, e com isso, é útil como explicação (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Johnson-Laird (1983) define que existem três categorias de representações mentais: as imagens; as proposições; e os modelos mentais. As imagens são o resultado da imaginação ou da percepção de objetos, cenas de um ponto de vista particular do observador. Estas representam pontos perceptíveis correspondentes de objetos reais, e têm a característica de serem altamente específicas. Quando se forma, por exemplo, a imagem de um triângulo, não se imagina uma imagem desse objeto geral, mas de um triângulo específico, com tamanho definido, tipo de triângulo e ângulos característicos (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Uma representação proposicional consiste em uma representação mental de uma proposição verbalmente expressa, pois envolve símbolos que constituem a linguagem natural (JOHNSON-LAIRD, 1983). Moreira (1996) relata que é uma linguagem da mente, não são frases em uma certa língua e sim entidades específicas e abstratas. A representação proposicional não tem tanta especificidade, pode lidar com relações espaciais determinadas e indeterminadas. Uma representação mental proposicional formada de dois objetos, um ao lado do outro, não especifica qual está à direita ou à esquerda (MOREIRA, 1996).

Os modelos mentais possuem estruturas semelhantes ao objeto, cena ou fenômeno representado. Por exemplo, a cena “o prato está em cima da mesa” pode ser mentalizada como um modelo mental de qualquer prato em qualquer mesa (MOREIRA; PINTO, 2003).

Moreira (1996) relata que quando um sujeito recebe um conjunto de descrições de uma distribuição espacial (a posição de cada objeto na cena), ele constrói um modelo mental capaz de fazer inferências. Assim, ele infere informações espaciais adicionais, que não estavam inclusas na descrição. O modelo mental construído é confiável, e com isso é usado no raciocínio, ao invés de utilizar as informações descritas literais e detalhadas (MOREIRA, 1996).

Em relação aos modelos mentais e suas limitações, Johnson-Laird (1983) aponta três aspectos: o princípio da computabilidade; o princípio da finitude; e o princípio do construtivismo. Na computabilidade, os modelos mentais podem ser descritos em procedimentos concretos executados por uma máquina (modelos são computáveis). No princípio da finitude, os modelos mentais não conseguem representar um domínio infinito (são finitos em tamanho). E no princípio do construtivismo, os modelos mentais são elaborados a partir de elementos básicos denominados “tokens” ou “elementos”, que se organizam em uma estrutura para representar algo (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Conforme Moreira (1996), um modelo mental é uma representação do conhecimento aprendido. Para ensinar conceitos científicos, os professores utilizam modelos conceituais, que englobam os conhecimentos considerados corretos pela comunidade científica. Os modelos mentais podem ter várias deficiências, e no ensino deve-se usar modelos científicos aceitos, materiais didáticos e atividades planejadas, para ajudar os estudantes na construção, revisão e aprimoramento de seus modelos (MOREIRA, 1996).

Neste trabalho, o objetivo foi investigar os modelos mentais de alunos de uma turma da 3ª série do Ensino Médio sobre o conteúdo introdutório de hidrocarbonetos (alcanos, alcenos e alcinos) da Química Orgânica. E, através do uso do aplicativo de *smartphone ModelAR Organic Chemistry* para representar moléculas orgânicas, analisar se ocorreu uma evolução nos modelos expressos pelos estudantes. Segundo Heidrich, Almeida e Bedin (2022), as tecnologias digitais são excelentes ferramentas para desenvolver atividades que atraiam o interesse dos alunos. Nos processos de ensino-aprendizagem são muito importantes, pois sua aplicação mobiliza algumas competências nos alunos, possibilitando-lhes um conhecimento mais complexo a partir de sua autonomia e orientação docente. Os autores destacam que, no ensino de Química, atrai os estudantes por meio da curiosidade e da contextualização, permitindo uma imaginação mais direcionada ao interpretar fenômenos ou estruturas não visíveis a olho nu.

O uso de diferentes aplicativos em *smartphones* provocou mudanças na maneira de nos relacionarmos com a informação e a produção de conhecimento, mostrando potencial para diversificar o processo de ensino-aprendizagem. Estes dispositivos proporcionam ao professor e ao aluno uma *interface* de fácil uso, aumentando possibilidades de ações e interações entre sujeitos, assim como atividades de cooperação (NICHELE; SCHLEMMER, 2014). O professor pode utilizar aplicativos em suas aulas, pois existem diversos relacionados a disciplina de Química que estão disponíveis gratuitamente (LIMA et al., 2018).

A integração entre tecnologia e o ensino de Química emerge da necessidade de aproximar essa disciplina dos discentes, visto que muitos dos seus conceitos são abstratos e parecem desconectados de suas realidades. Assim, o uso de aplicativos de *smartphone* permite aos alunos observarem modelos científicos conceituais, que são normalmente trabalhados por meio de memorização, desta forma, estes passam a ser evidenciados em simulações interativas (GRESZYSCZYN; CAMARGO FILHO; MONTEIRO, 2016).

Para o Ensino de Química, esses aplicativos podem contribuir ao abordar representações de entidades submicroscópicas, que são normalmente representadas em livros em imagens bidimensionais 2D (FERREIRA; SANTOS, 2020). Wong (1998) explica que elas possuem duas dimensões, comprimento e largura, em uma superfície plana sem profundidade. Deste modo, é possível visualizar melhor as representações através de uma perspectiva de imagens tridimensionais 3D, e compreender de forma clara os conceitos e propriedades químicas envolvidos (FERREIRA; SANTOS, 2020). As imagens tridimensionais não são planas, contêm as três dimensões primárias: comprimento; largura; e profundidade, consistindo em uma direção vertical que vai para cima, uma horizontal para esquerda e direita, e uma transversal que vai para frente e para trás no plano (WONG, 1998).

O uso de um aplicativo de *smartphone* para trabalhar as representações científicas existentes de moléculas orgânicas, possibilita aprimorar os modelos mentais dos alunos. Segundo Lima e Silva (2014), o modelo molecular representa os elementos químicos, como o carbono, o hidrogênio e o oxigênio em forma de esferas, cada átomo tem sua cor representada e também as ligações químicas são formadas por barras que ligam as esferas (átomos). Este modelo auxilia na aprendizagem dos conteúdos de Química Orgânica, deixando-os menos abstratos, devido à construção das moléculas pelos próprios estudantes, proporcionando uma melhor visualização destas. Com isso, pode-se melhorar a compreensão de alguns conteúdos como nomenclatura de compostos orgânicos, entre outros (LIMA; SILVA, 2014).

2. Questão de pesquisa

É possível aprimorar os modelos mentais expressos de alunos de uma turma da 3ª série do Ensino Médio, sobre as formas de representações de moléculas orgânicas por meio do uso do aplicativo *ModelAR Organic Chemistry* para *smartphone* como ferramenta didática?

3. Objetivos

Analisar e aperfeiçoar os modelos mentais de estudantes de uma turma da 3ª série do Ensino Médio sobre o conteúdo de hidrocarbonetos (alcanos, alcenos e alcinos) da Química Orgânica, e as formas de representações destas moléculas. As atividades envolveram o uso do aplicativo *ModelAR Organic Chemistry*, que permite construir moléculas e visualizar a sua representação de forma análoga ao modelo científico molecular (3D).

3.1. Objetivos específicos

- Utilizar aplicativos de *smartphone* para a promoção da aprendizagem de conceitos

químicos, ao ministrar aulas diversificadas e dinâmicas.

- Investigar os modelos mentais expressos pelos alunos durante uma sequência didática em formato de minicurso, no período de ensino remoto na pandemia.

4. Metodologia

Esta pesquisa foi realizada em uma escola pública de Presidente Prudente, município localizado no interior do Estado de São Paulo, durante as aulas da disciplina de Química. Houve a participação de três alunos regularmente matriculados de uma turma da 3ª série do Ensino Médio. O projeto foi realizado através do programa Núcleo de Ensino da UNESP, em parceria com a escola. A quantidade de estudantes participantes se deu devido às dificuldades de acesso as aulas remotas durante a pandemia, pois grande parte deles não possuía condições ou equipamentos adequados para participar das atividades remotas. Outro fator importante é que os alunos não foram obrigados a participar, sendo assim, apenas compareceram os que possuíam mais interesse e condições de acessar as atividades.

Em virtude do cenário de pandemia, o projeto foi aplicado de maneira remota durante o 2º semestre de 2020, utilizando ferramentas e aplicativos que deram suporte para o seu desenvolvimento. Foi utilizado um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), o *Google Sala de Aula* (ou *Google Classroom*), que permitiu o contato dos licenciandos autores do trabalho com os discentes da escola parceira, e também o compartilhamento de materiais de consulta.

Para ministrar as aulas e realizar a atividade com o aplicativo de *smartphone*, utilizou-se o *Google Meet*, e também foi criado um grupo no *WhatsApp* para uma comunicação ágil entre os licenciandos e os estudantes da escola. As atividades didáticas desenvolvidas foram divididas em cinco momentos, com dois encontros (momentos) por semana, descritos no quadro 1.

Quadro 1 – Sequência didática do minicurso.

Momento	Atividades do Minicurso	Tempo (min.)
1º	Levantamento dos modelos mentais prévios através do envio de um questionário pela plataforma <i>Google Forms</i> .	
2º	Minicurso (Parte 1): Introdução à Química Orgânica e Formas de Representação de Moléculas Orgânicas.	50
3º	Minicurso (Parte 2): Apresentação dos Hidrocarbonetos e suas respectivas regras de nomenclaturas.	80
4º	Atividade envolvendo o uso do aplicativo de <i>smartphone</i> .	50
5º	Envio de um questionário final para verificação do progresso nos modelos mentais dos alunos pela plataforma <i>Google Forms</i> .	

Fonte: Os autores.

A seguir, cada momento da sequência didática, é explicado da seguinte forma:

Primeiro momento: inicialmente foi aplicado um questionário, o qual tinha como objetivo levantar os modelos mentais já existentes dos alunos, referente a conceitos iniciais de Química Orgânica como: o que eles compreendem ser a química orgânica; qual seu objeto de estudo; e se conseguiam identificar através de imagens as moléculas consideradas orgânicas. Esses assuntos seriam abordados ao longo do minicurso.

Segundo momento: foi iniciado o minicurso “*ModelAR – Construindo Moléculas Orgânicas*”. Esta etapa envolveu uma breve introdução ao estudo da Química Orgânica e as formas de representação de moléculas. Foi proposto, ao término da aula, um questionário intermediário para analisar o avanço dos modelos mentais dos estudantes em relação à representação de moléculas orgânicas.

Terceiro momento: nessa aula foi discutido o conteúdo de hidrocarbonetos e sua nomenclatura, pois tais conceitos são normalmente abordados na 3ª série do Ensino Médio. Foram necessários dois encontros de quarenta minutos cada, com atividades para que os alunos praticassem as regras de nomenclatura.

Quarto momento: para melhor compreensão da Química Orgânica e da representação das moléculas, utilizou-se o aplicativo de *smartphone ModelAR Organic Chemistry* como recurso para favorecer o aprimoramento dos modelos mentais dos estudantes. O aplicativo foi escolhido devido ao seu manuseio intuitivo, por estar disponível para usuários de *smartphones Android* e *iPhone* e por ser gratuito. Foi disponibilizado um tutorial em vídeo produzido pelos pesquisadores para os alunos, que mostrava as funções do aplicativo para compreenderem seu funcionamento. A figura 1 mostra uma molécula orgânica cíclica construída no *ModelAR*.

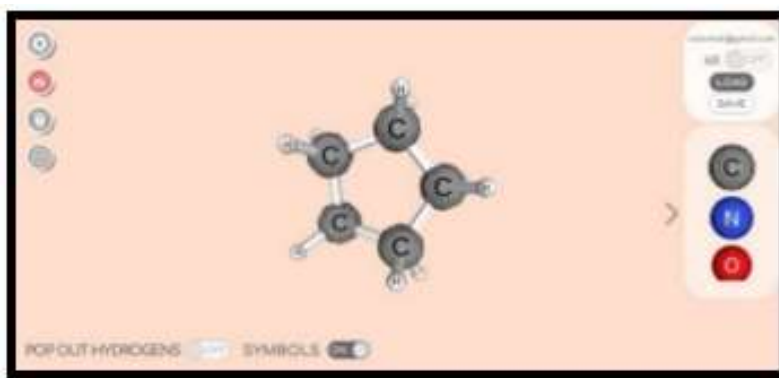


Figura 1 - Ciclopentano montado no aplicativo *ModelAR Organic Chemistry*.

Na figura 1 pode ser observado o *layout* do aplicativo, cujas extremidades direita e esquerda apresentam ícones para a construção de moléculas e para funções de edição, respectivamente. A molécula construída fica localizada ao centro da tela, sob fundo rosa. O aplicativo conta com o recurso de Realidade Aumentada (RA), o qual utiliza uma tecnologia que renderiza objetos virtuais bidimensionais e tridimensionais, e permite que as pessoas interajam com objetos reais e virtuais, simultaneamente (LEITE, 2020). Tem-se a opção de acionar a realidade aumentada e inserir a imagem da molécula no ambiente por meio da câmera. Durante a atividade foram sorteadas algumas moléculas orgânicas para cada aluno, com isso, eles deveriam construí-las, capturar a tela do celular e encaminhar aos licenciandos pesquisadores.

Quinto momento: foi enviado um último questionário aos estudantes, cujo objetivo era analisar o aprimoramento dos modelos mentais expressos em relação aos conteúdos abordados de Química Orgânica, e as formas de representações de moléculas. Para avaliar se os alunos responderam corretamente os exercícios propostos, como atividades e os modelos mentais de estruturas moleculares desenhados, foram adotadas categorias de respostas consideradas adequadas, parcialmente adequadas e inadequadas.

As respostas corretas dos exercícios em relação aos conceitos teóricos abordados, e desenhos similares aos modelos moleculares científicos aceitos, foram consideradas adequadas. As parcialmente adequadas têm elementos chave sobre o conceito abordado, e os desenhos têm algumas características de modelos aceitos. Concepções inadequadas foram as que os desenhos não têm nenhum ponto característico com a molécula pedida, e as respostas não correspondem ao que foi perguntado ou não há conexão com os conceitos abordados.

5. Resultados e Discussão

Cabe mencionar que, inicialmente houve uma dificuldade de participação dos alunos da turma em decorrência do distanciamento social e as aulas remotas. Segundo o professor responsável na escola, muitos estudantes da rede pública de Educação Básica não tinham acesso à *internet*, ou não possuíam um equipamento adequado para acompanhar as aulas *on-line*, com isso, conseqüentemente, apenas três alunos participaram do minicurso.

No primeiro momento foi aplicado um questionário inicial, objetivando-se identificar as concepções prévias dos alunos relacionadas ao que sabem sobre Química Orgânica. A maior parte das associações a esta Ciência envolveu a presença do elemento carbono na composição dos compostos. De acordo com Lisboa et al. (2016, p. 11), “A Química Orgânica é entendida hoje como a área da Química que estuda a maior parte dos compostos de carbono [...]”. Assim, seus modelos mentais são adequados, qual seja, o objeto de estudo da química orgânica: **as substâncias que contêm o elemento carbono em sua composição.**

Essa mesma concepção foi encontrada no trabalho de Diniz et al. (2020) realizado com alunos da 3ª série do Ensino Médio. Ao investigar suas visões sobre o tema funções orgânicas, os pesquisadores obtiveram como respostas sobre o que era a química orgânica, associações ao estudo dos compostos de carbono.

Para avaliar a capacidade dos alunos de reconhecer moléculas orgânicas, apresentou-se quatro estruturas moleculares: duas de moléculas orgânicas, que contêm o elemento carbono, e duas inorgânicas. Além disso, foi solicitado que eles identificassem as fossem consideradas orgânicas. O Aluno 1 reconheceu uma estrutura, e os Alunos 2 e 3 reconheceram as duas estruturas corretas. Desta forma, podemos observar que os alunos conhecem algumas estruturas de moléculas orgânicas, porém houve dificuldades.

No segundo momento foi iniciado o minicurso, e realizada uma introdução à Química Orgânica. Foram abordadas as formas de representação de moléculas orgânicas utilizando o *software ChemSketch* para demonstração dos modelos. Como atividade, foi solicitado aos alunos que expressassem seus primeiros modelos mentais de moléculas orgânicas. Os modelos

científicos pedidos na atividade foram a fórmula estrutural plana, a representação *bond line* (ou bastão), e o modelo molecular (3D) respectivamente, da molécula de hexano (LISBOA et al., 2016). Os modelos podem ser observados na figura 2.



Figura 2 - Diferentes modelos representacionais da molécula hexano. (Fonte: os autores)

O Aluno 3 fez as representações de maneira correta, demonstrando ter adquirido um modelo mental adequado em relação aos científicos aceitos, a figura 3 destaca esse resultado. Nota-se que na representação do modelo molecular (3D), ele tenta considerar a tridimensionalidade da molécula.

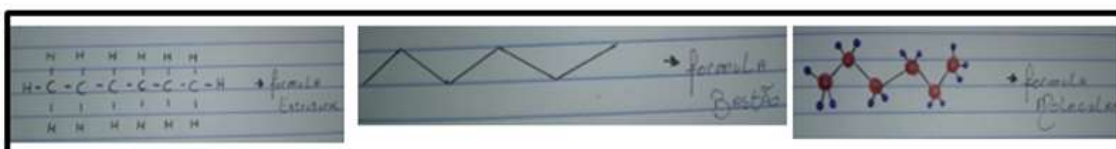


Figura 3 - Representações do hexano do Aluno 3.

Os demais alunos expressaram algumas das representações de maneira equivocada ou incorreta, demonstrando que seus modelos mentais estavam parcialmente adequados, como pode ser observado nas figuras 4 e 5.



Figura 4 - Representações do hexano do Aluno 1.

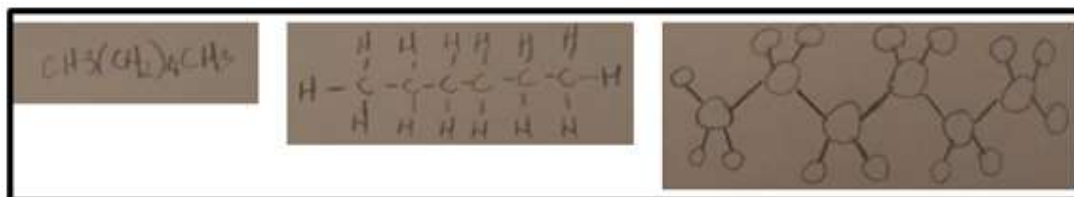


Figura 5 - Representações do hexano do Aluno 2.

O Aluno 1 errou na representação *bond line* (bastão), deixando muito parecida com o modelo molecular (3D). Já o Aluno 2 acertou apenas a representação do modelo molecular (3D), que ficou adequada em relação ao modelo científico aceito. Desta forma, nota-se que apenas as aulas expositivas não foram suficientes para o aprimoramento dos modelos mentais dos estudantes. Embora tenham feito a representação adequada do modelo molecular (3D), dois dos alunos ainda possuíam equívocos nas demais formas de representação. Segundo Wartha e Rezende (2015), estudantes apresentam dificuldades em expressar diferentes formas de

representação de uma mesma entidade química, pois suas habilidades visuoespaciais são insuficientes para transformar a informação verbal em representações bidimensionais ou tridimensionais.

No terceiro momento do minicurso foram abordados os seguintes conceitos: o que define a função hidrocarboneto; exemplos e aplicações no cotidiano; alcanos, suas aplicações e nomenclatura de moléculas com estruturas simples. E por fim, os estudantes aprenderam sobre a classificação de cadeias carbônicas em moléculas orgânicas, quanto ao tipo de ligação entre os átomos, presença de heteroátomos, ramificações, e outros conceitos envolvidos.

Para investigar os modelos mentais dos alunos sobre essas representações moleculares, na atividade desta parte do minicurso, foram apresentadas inicialmente estruturas em vários modelos representacionais (fórmula estrutural plana, representação *bond line* (ou bastão), e o modelo molecular (3D)) de alguns hidrocarbonetos alcanos (ciclopentano, butano, ciclobutano, octano e nonano), devendo ser nomeados cada composto.

Para ensinar a nomenclatura de moléculas orgânicas, muitos modelos de estruturas moleculares são utilizados e existem algumas regras que devem ser seguidas. Os estudantes, através da representação da estrutura molecular dos compostos e essas regras, constroem seus modelos mentais durante o aprendizado. Johnson-Laird (1983) aponta que, a formação desses modelos mentais se dá por meio da junção do que ele denomina blocos de construção cognitiva. O aluno raciocina ajustando e reajustando esses blocos de acordo com sua percepção, e assim aprimora o modelo mental construído. As regras de nomenclatura permitem que os estudantes compreendam as estruturas moleculares propostas, estas podem representar os blocos de construção cognitivos no exercício de se nomear um composto.

Em outro exercício, foi solicitado aos alunos para representar as estruturas de alcanos. Este exercício envolve a formação e a expressão de modelos mentais, pois o aluno precisa elaborar a estrutura, mentalmente, passo a passo junto as regras de nomenclatura, para então conseguir expressá-la no papel. Segundo Souza (2013), o raciocínio do ser humano se dá através da construção de modelos mentais, e estes podem ser semelhantes a modelos científicos apresentados. As figuras 6 e 7 mostram as representações elaboradas pelos alunos no exercício.

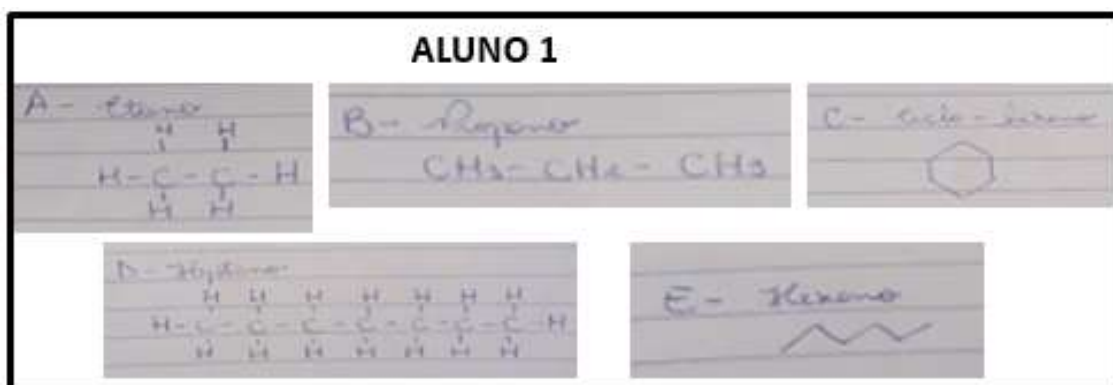


Figura 6 - Representações do Aluno 1.

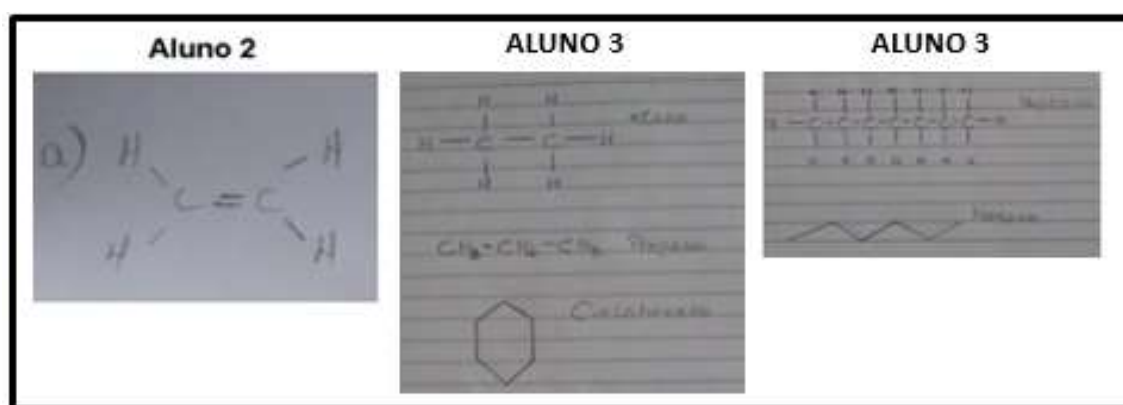


Figura 7 - Representações dos Alunos 2 e 3.

Novamente, o Aluno 2 apresentou dificuldades e desenvolveu um modelo mental inadequado e incompleto sobre as estruturas das moléculas propostas no exercício. Como observado na figura 7, este desenhou apenas uma das cinco estruturas propostas. A molécula em estudo era o hidrocarboneto etano (um alcano), na representação de fórmula estrutural plana, e o Aluno 2 desenhou o alceno eteno. Ambas as estruturas diferem no tipo de ligação entre os carbonos, e o etano apresenta apenas ligações simples e não uma dupla como mostra a molécula de eteno desenhada.

Os conceitos da Química Orgânica podem ser alvo de dificuldades dos alunos, pois normalmente são trabalhados nas aulas de Química, mediante a memorização de estruturas e nomenclaturas que não fazem sentido ao estudante. Estes conteúdos são explicados em nível submicroscópico. As representações de moléculas orgânicas são melhores exemplificadas em perspectiva 3D, onde é possível observar como essas moléculas se organizam no espaço, e alunos do Ensino Médio expressam dificuldades em realizar representações mentais neste nível (AFONSO et al., 2020).

Os demais alunos acertaram na elaboração de todas as estruturas propostas, portanto apresentaram modelos mentais adequados em relação aos científicos trabalhados. Segundo Moreira (1996), os modelos mentais podem ser uma interpretação semelhante do conhecimento adquirido, em que há uma correspondência direta entre elementos e relações presentes na estrutura do modelo a ser seguido e os elementos que se pretende representar. Isso pode ser evidenciado nas representações dos Alunos 1 e 3, pois seus modelos mentais sobre as moléculas de alcanos do exercício, mostram uma estrutura adequada em relação ao modelo científico apresentado durante o minicurso.

Para os alunos começarem a compreender e desenvolver modelos mentais de moléculas de hidrocarbonetos mais complexas antes das atividades, foram trabalhados os seguintes conceitos: nomenclatura de alcanos com cadeia ramificada; apresentação dos hidrocarbonetos alcenos e alcinos; e as regras para sua nomenclatura. Nessa etapa do minicurso, apenas os Alunos 1 e 3 participaram da aula. Na investigação dos modelos mentais criados pelos estudantes sobre essas moléculas mais elaboradas na atividade, estes tinham que desenhar sua estrutura apenas conhecendo o nome da molécula. A figura 8 mostra os resultados obtidos.

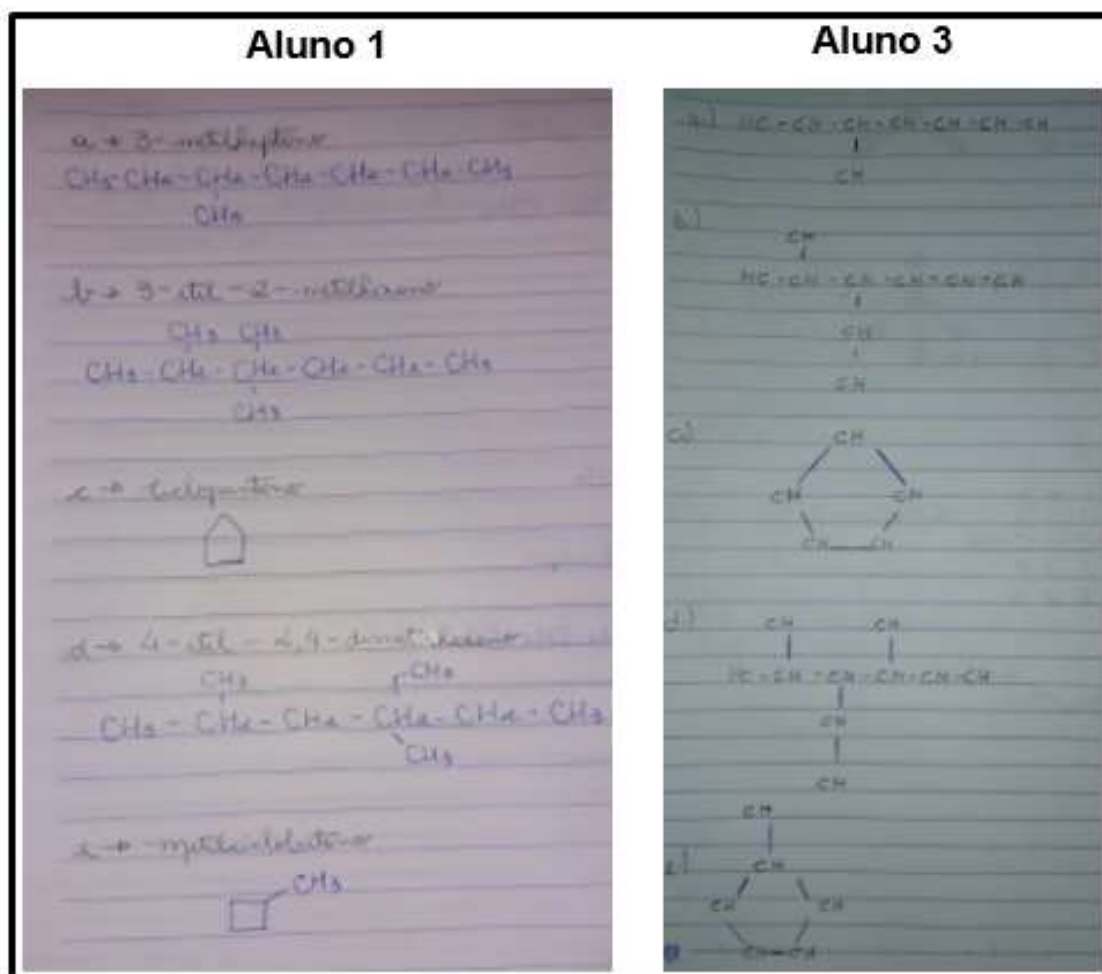


Figura 8 - Estruturas moleculares apresentadas do exercício.

O Aluno 1 apresentou alguns erros conceituais ao desenhar as estruturas **a**, **b** e **d**. Nos átomos de carbono que fazem ligações com os substituintes, o número de ligações totais é maior do que quatro, o permitido para cada carbono. Mostrou também confusão na hora de desenhar o substituinte etil ($-\text{CH}_2\text{CH}_3$) em algumas moléculas, pois se confundiu e desenhou o substituinte metil ($-\text{CH}_3$). Nas estruturas propostas **c** e **e**, estão corretas a localização das ramificações e o número de ligações dos carbonos.

O Aluno 3 demonstrou algumas dificuldades para representar as estruturas, como ramificações em locais errados em relação a nomenclatura. Em todas as representações ele errou no número de hidrogênios ligados a cada átomo de carbono, para formar as quatro ligações. Portanto, seu modelo mental foi parcialmente adequado em relação ao modelo científico.

Segundo Penha e Frota (2018), o carbono possui quatro elétrons em sua camada de valência, e sua estabilidade química é alcançada quando este completa oito elétrons na camada. Portanto, necessita de mais quatro elétrons, ou seja, faz quatro ligações químicas covalentes, compartilhando quatro elétrons de outro átomo, que faltam para sua estabilização (PENHA; FROTA, 2018). Outra razão para este elemento efetuar quatro ligações, está na sua hibridização, pois em alguns átomos os orbitais **s** e **p** se misturam, formando orbitais híbridos. As ligações

carbono com carbono (C-C) e carbono com hidrogênio (C-H) se formam pela sobreposição destes orbitais. O carbono possui hibridização sp^3 , pois ocorre uma mistura entre um orbital s e três orbitais p , gerando quatro orbitais novos hibridizados (COSTA; MENEZES, 2015).

Ao desenhar as moléculas orgânicas, o estudante deve prestar atenção ao número de ligações que o elemento carbono faz com os demais átomos. Cabe salientar que, este deve sempre fazer quatro ligações químicas em razão de sua hibridização (representadas pelo símbolo “traço” que liga um átomo a outro na estrutura da molécula), e isto foi discutido durante o minicurso. Ao olhar a figura 8, cada átomo de carbono nas representações do Aluno 3 termina com apenas duas, ou três ligações com outros átomos, ao invés de quatro como mostra as representações **c** e **e** do Aluno 1. Os modelos mentais expressos sobre as moléculas de ambos os alunos foram considerados parcialmente adequados em relação ao modelo científico aceito.

Na representação de estruturas mais complexas, com ramificações e cíclicas, o Aluno 1 demonstrou mais domínio em relação ao Aluno 3, pois em suas estruturas o número de ligações entre carbono e hidrogênio estavam corretas. Portanto, o Aluno 1 apresentou modelos mentais mais adequados em relação aos modelos científicos nestas estruturas, enquanto o Aluno 3 expressou dificuldade ao representar o metil-ciclobutano, desenhando uma molécula diferente da pedida, o metil-ciclopentano, demonstrando possuir dificuldades com estruturas cíclicas. De acordo com Alves, Sangiogo e Pastoriza (2021), os estudantes do Ensino Médio podem apresentar dificuldades em tópicos básicos da Química Orgânica, não conseguindo, desta forma, visualizar mentalmente o arranjo de moléculas orgânicas simples ou grupos funcionais ao lidar com estruturas mais complexas expressam mais dificuldades.

Dificuldades em representar moléculas mais complexas, que contêm ramificações ou insaturações, também foram encontradas por Amorim et al. (2019) em alunos da 3ª série do Ensino Médio. Ao aplicar um jogo sobre hidrocarbonetos, os autores destacam que as maiores dúvidas e dificuldades eram especificamente na representação de ramificações e insaturações.

Além dos hidrocarbonetos alcanos, os alcenos e alcinos também foram estudados, e a diferença entre essas famílias de compostos reside no aumento no número de ligações entre um par de átomos de carbonos na molécula. As regras de nomenclatura são semelhantes, diferindo apenas em um infixo para alcenos (en) e outro para alcinos (in). No último exercício, os estudantes deviam desenhar moléculas de alcenos e alcinos para a análise de seus modelos mentais sobre as estruturas desses compostos. A figura 9 mostra os desenhos obtidos.

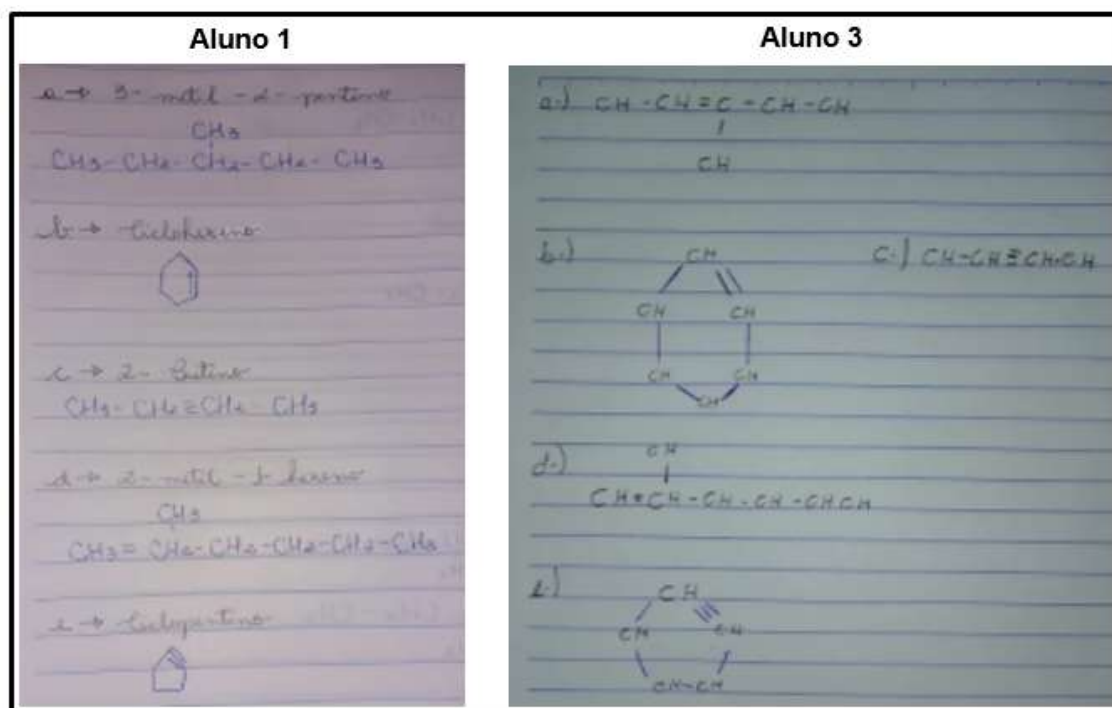


Figura 9 - Alcenos e alcinos desenhados pelos alunos.

Ambos os alunos tiveram um desempenho semelhante em relação às estruturas dos alcanos do exercício anterior. Eles conseguiram representar as estruturas a partir da nomenclatura, com menos dificuldade do que no exercício anterior, que solicitava a nomenclatura a partir da representação.

O Aluno 1 apresentou o mesmo erro no número de ligações do carbono que leva a ramificação na estrutura **a**, pois em seu desenho o carbono faz cinco ligações ao invés de quatro, e, está ligado a dois átomos de hidrogênio, além dos carbonos da cadeia. O ideal para completar as quatro ligações seria a ligação com apenas um hidrogênio. Na estrutura **c**, os carbonos que levam a ligação tripla estão ao total fazendo seis ligações, devido aos dois hidrogênios desenhados em cada. Neste caso, deveria ter sido desenhado apenas a ligação tripla, não necessitando dos hidrogênios, pois os carbonos já teriam quatro ligações. A estrutura **d** mostra os mesmos erros, na hora de incluir a ligação dupla e o número de hidrogênios ligados, ambos os carbonos com a ligação dupla estão fazendo, ao final, mais do que quatro ligações.

O Aluno 3 ainda apresenta a mesma dificuldade em adicionar o número adequado de hidrogênios ligados a cada átomo de carbono, porém, representa de forma correta, o esqueleto das estruturas e o local das ligações duplas ou triplas e das ramificações.

Para Johnson-Laird (1983), os modelos mentais são altamente específicos, por isso o indivíduo forma um modelo de um conceito de acordo com sua percepção. Nas representações de moléculas mais simples, ambos os alunos conseguiram fazer uma representação adequada, mas ao lidar com estruturas mais complexas, demonstraram dificuldade em relação ao número de hidrogênios ligados a cada carbono. Esses modelos parcialmente adequados podem ser uma evidência de sua percepção em relação aos modelos científicos trabalhados.

Expressar o número adequado de ligações dos átomos em uma molécula também foi a

dificuldade averiguada por Silva et al. (2021) com estudantes da 2ª e 3ª série do Ensino Médio. Buscando analisar as percepções e dificuldades dos estudantes sobre representações visuais no Ensino de Química, os autores relatam que alguns alunos representaram a fórmula estrutural de moléculas na atividade com um número inadequado de ligações para alguns átomos.

No quarto momento do minicurso, foi proposto aos alunos uma atividade prática utilizando o aplicativo de *smartphone ModelAR*, pois através deste recurso é possível construir moléculas orgânicas e observar sua forma espacial. Após a explicação do funcionamento do aplicativo e dos seus recursos, solicitou-se aos estudantes que construíssem as moléculas. Cada um recebeu quatro moléculas diferentes, e após a sua construção, eles deveriam fazer uma captura da tela do celular, salvar as imagens e enviar aos pesquisadores. Os alunos construíram no aplicativo uma molécula orgânica de cadeia simples (linear), uma contendo insaturação e uma com ramificação (estrutura um pouco mais complexa).

Nessa atividade participaram os três alunos: o Aluno 1 recebeu a molécula heptano; o Aluno 2, a molécula butano; e o Aluno 3, a molécula do alcano hexano. Notou-se que eles construíram adequadamente as estruturas no aplicativo, desta forma, pode-se ter indícios de que eles possuem modelos mentais equivalentes ao modelo científico de moléculas orgânicas de cadeia simples, ou que o aplicativo direciona os alunos na construção mais fácil de modelos adequados. A figura 10 apresenta as representações criadas por cada estudante.

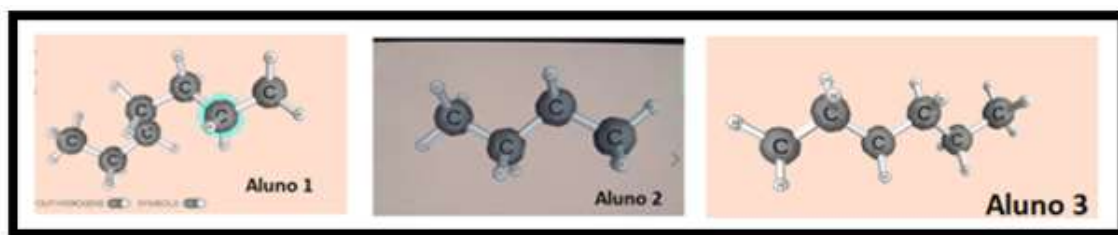


Figura 10 - Moléculas orgânicas de cadeia simples construídas pelos alunos.

Os alunos também receberam moléculas ramificadas para serem construídas no aplicativo, sendo que o Aluno 1 recebeu o 2,4-dimetil-pentano, o Aluno 2 o 3-etil-heptano, e o Aluno 3 o 3,3-dimetil-pentano. Conforme a figura 11, observou-se que eles construíram corretamente as moléculas, pois suas estruturas são equivalentes ao modelo científico aceito. Portanto, os estudantes possuem modelos mentais adequados em relação a moléculas ramificadas.

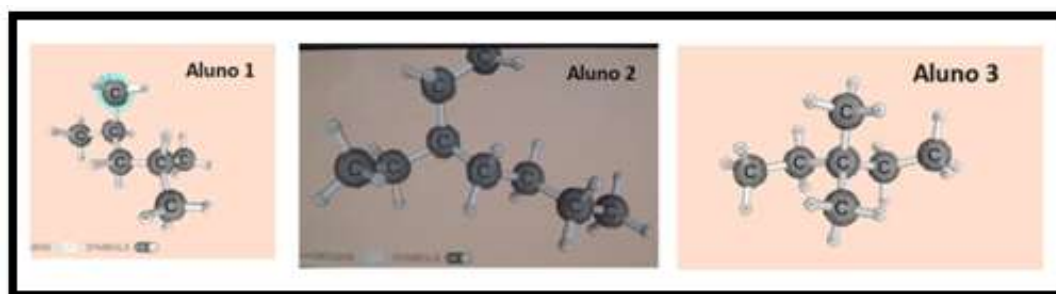


Figura 11 - Moléculas orgânicas de cadeia ramificada construídas pelos alunos.

Por fim, foi solicitada a construção de moléculas contendo uma insaturação, onde o Aluno

1 recebeu a molécula 1-buteno, o Aluno 2 o ciclo-buteno, e o Aluno 3 a molécula eteno. A figura 12 mostra o resultado das representações dos alunos elaboradas com o aplicativo.



Figura 12 - Moléculas orgânicas com insaturações feitas pelos alunos.

Observa-se que os três cometeram equívocos ao construir as moléculas solicitadas, sendo que o Aluno 1 inseriu insaturações (duplas ligações) em todas as ligações entre os carbonos, e a molécula pedida não era cíclica como foi montada, tinha estrutura linear. Ao Aluno 2 foi solicitado a construção de uma molécula cíclica, o ciclo-buteno, porém, este montou uma estrutura linear e não inseriu a insaturação (dupla ligação entre um par de carbonos) característica dos alcenos. O Aluno 3 construiu a molécula buteno (com 4 carbonos ligados entre si), e não a molécula de eteno (com dois carbonos ligados entre si) como foi solicitado. Entretanto, acertou na colocação de uma insaturação, dupla ligação entre dois carbonos, presente nos alcenos.

O uso do aplicativo permitiu visualizar espacialmente as moléculas orgânicas construídas por todos os alunos participantes do minicurso. Este recurso possibilitou o entendimento do comportamento espacial dessas moléculas, analisando seus conceitos e geometria (ALMEIDA; SILVA; CARVALHO, 2010). Porém, mesmo com o manuseio do aplicativo, alguns estudantes representaram algumas moléculas orgânicas de forma equivocada, e isso foi observado quando se aumentou o grau de dificuldade com a inserção de insaturações nas estruturas.

No quinto momento, foi proposto um questionário final. Desta forma, foi possível observar se houve aprimoramento dos conceitos abordados envolvendo a Química Orgânica, e as formas de representações de moléculas. Essa última atividade não envolveu o uso do aplicativo, apenas do questionário. Foi pedido que associassem algumas figuras de moléculas orgânicas com o tipo de representação (bastão, fórmula estrutural plana, modelo molecular (3D), e em seguida nomeá-las, e todos acertaram. Apenas na última molécula representada, conforme o modelo molecular (3D), o Aluno 3 nomeou corretamente como 2-metil-propano, enquanto o Aluno 1 nomeou como metil-propano, esquecendo de indicar o local da ramificação na molécula. Assim, pode-se dizer que o Aluno 1 possui um modelo mental, referente a esta forma de representação, parcialmente adequado. O Aluno 2 deixou esta questão em branco, impossibilitando observar o progresso em suas concepções e modelos mentais.

6. Conclusões

O Ensino de Química necessita ser mais dinâmico e dispor de recursos que auxiliem a compreensão de seus conceitos para os alunos de todos os níveis de ensino, em especial o

Ensino Médio. O uso de aplicativos de *smartphone* como ferramentas didáticas, pode contribuir para abordar os conceitos químicos e permitir a visualização do nível submicroscópico, e desta forma, articular ao macroscópico e simbólico. Com isso, pode-se esclarecer conceitos e promover modelos mentais que sejam análogos a modelos científicos aceitos.

Com a aplicação do minicurso, notou-se que o uso dessas ferramentas foi bem recebido pelos estudantes, e estas podem ser agentes potencializadores para o processo de ensino-aprendizagem, tornando o aprender mais prazeroso e interessante aos alunos. Em relação aos conteúdos teóricos, ao analisar os questionários e atividades, notou-se uma melhora na aprendizagem. Houve dificuldades apenas para nomear ou representar (desenhar) algumas estruturas de moléculas orgânicas. As representações simples, estruturas lineares e sem insaturações, se mostraram corretas, mas quando se trabalhou estruturas mais complexas, com ramificações e insaturações, foram observadas algumas dificuldades.

Na atividade com o aplicativo, os alunos apresentaram modelos adequados da maioria das estruturas orgânicas. Assim, há evidências de que o uso desses aplicativos possibilita uma maneira mais fácil para o aluno expressar seus modelos mentais. Mas, só o uso deste recurso, não garante a melhoria em seus modelos. É necessário inserir essa ferramenta dentro de um planejamento bem estruturado e com outros recursos, que deem suporte para o aprendizado.

Segundo o professor responsável na escola, o impacto negativo do ensino remoto se deu, com relação a participação dos alunos, onde muitos estudantes da rede pública de Educação Básica não têm acesso à *internet*, ou não têm um equipamento adequado para acompanhar as aulas *on-line*. Entretanto, o uso de recursos para aplicação do minicurso de maneira remota, permitiu aos alunos a oportunidade de resgatar conceitos da Química Orgânica, e aprender de forma dinâmica, diminuindo concepções errôneas que os mesmos possuíam no início do minicurso. O aplicativo tornou interessante construir moléculas orgânicas, ao aproveitar do recurso da tridimensionalidade para uma melhor visualização dessas representações, e relacionou as estruturas com suas propriedades físicas e químicas, diferente da abordagem tradicional, em que se desenham estruturas orgânicas no caderno e se utiliza apenas o livro didático como fonte de representações de moléculas orgânicas, o que pode dificultar para os estudantes o desenvolvimento de suas habilidades visuoespaciais.

7. Referências

- AFONSO, A. F.; MEIRELLES, M. A.; SILVA, T. B.; NASCIMENTO, J. M.; SILVA, M. A. N.; FUZARO, A. F.; VILELA, Y. H. P. Garrafas Pet: modelos moleculares para o ensino de Química Orgânica. **Revista Pesquisa e Debate em Educação**, v. 8, n. 1, p. 592–607, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/RPDE/article/view/31628/21058>. Acesso em: 18 jan. 2022.
- ALMEIDA, A. C. B.; SILVA, N. C.; CARVALHO, W. C. Utilização de modelos moleculares versáteis de baixo custo na representação tridimensional das cadeias carbônicas. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15., 2010, Brasília. **Anais eletrônicos...** UNB, 2010. p. 1-8. Disponível em: <http://www.s bq.org.br/eneq/xv/resumos/R0956-1.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2021.
- AMORIM, A. L. M.; BARROS, L. C.; SILVA, M. T. S.; LARANJEIRA, J. M. G. O Ensino de Química

Orgânica através de jogos: relato de intervenção do PIBID. *In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO*, 6., 2019, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Centro de Eventos do Ceará, 2019. p. 1-12. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/61369>. Acesso em: 08 mar. 2022.

COSTA, S. M. O.; MENEZES, J. E. S. A. **Química Orgânica I**. 2 ed. Fortaleza: EdUECE. 167 p. 2015.

DINIZ, F. E.; SILVA, O. G.; SILVA, C. D. D.; SANTOS, D. B. Análise das concepções alternativas dos estudantes de Ensino Médio sobre as funções orgânicas e suas relações com o meio ambiente. **Revista Brasileira de Educação Básica**, Belo Horizonte, ano 5, n. 16, jan.-abr. 2020. Disponível em: <https://pensaraeducacao.com.br/rbeducacaobasica/wp-content/uploads/sites/5/2020/05/AN%C3%81LISE-DAS-CONCEP%C3%87%C3%95ES-ALTERNATIVAS-DOS-ESTUDANTES-DE-ENSINO-M%C3%89DIO.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2022.

FERREIRA, L. C.; SANTOS, A. L. Realidade virtual e aumentada: um relato sobre a experiência da utilização das tecnologias no Ensino de Química. **Revista Scientia Naturalis**. Rio Branco, v. 2, n. 1, p. 367-376, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/3599>. Acesso em: 30 mai. 2020.

GRESZYSCZY, M. C. C.; CAMARGO FILHO, P. S. MONTEIRO, E. L. Aplicativos Educacionais para *Smartphone* e sua Integração Com o Ensino de Química. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**. Londrina, v. 17, e.esp. Selitec 15/16, p. 398-403, 2016. Disponível em: <https://revista.pgskroton.com/index.php/ensino/article/view/4536>. Acesso em: 5 set. 2021.

HEIDRICH, R. A.; ALMEIDA, C. M. M.; BEDIN, E. Observações e práticas pedagógicas de Química baseadas nas tecnologias digitais no Ensino Médio. **ENCITEC – Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, Santo Ângelo, v. 12, n. 1, p. 167-185, jan./abr. 2022. Disponível em: <https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/671/355>. Acesso em: 7 nov. 2022.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models**. Cambridge, MA: Harvard University Press. 513p. 1983.

LEITE, B. S. Aplicativos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada para o Ensino de Química. **Revista de Estudos e Pesquisa sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, e097220, 2020. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/972/787>. Acesso em: 6 set. 2021.

LIMA, C. A. M.; SILVA, C. P.; ALBUQUERQUE, O.; SILVA, P. A. Principais aplicativos para *smartphones* no Ensino de Química: uma revisão bibliográfica. *In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS ENCONTRO DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA*, 4., 2018, São Carlos. **Anais eletrônicos...** UFSCAR, 2018. p. 1-11. Disponível em: <https://docplayer.com.br/83819963-Principais-aplicativos-para-smartphones-no-ensino-de-quimica-uma-revisao-bibliografica.html>. Acesso em: 15 out. 2020.

LIMA, J. F.; SILVA, C. C. O uso de modelos moleculares no Ensino de Química Orgânica. **Revista Itinerarius Reflectionis – UFG**, Jatáí-GO, n. 2, v. 10, p. 5-21, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/rir/article/view/26721/pdf>. Acesso em: 29 set. 2020.

LISBOA, J. C. F.; BEZERRA, L. M.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; BIANCO, A. A. G.; RODRIGUES, H.; SANTINA, K.; LIEGEL, R. M.; AOKI, V. L. M. **Ser protagonista: Química**, 3º ano: Ensino Médio. São

Paulo: Edições SM, 2016.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/modelosmentaisport.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2020.

MOREIRA, M. A.; PINTO, A. O. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da Lei de Ampère, à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 317-325, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/rgb99D4rtLgnHM99JrXZWFH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 set. 2021.

NICHELE, A. G.; SCHLEMMER, E. Aplicativos para o Ensino e aprendizagem de Química. **Revista Renote, Novas Tecnologias na Educação**, Rio Grande do Sul, n. 2, v. 12, p. 1-9, 2014. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/53497/33014>. Acesso em: 8 out. 2020.

PAULETTI, F.; ROSA, M. P. A.; CATELLI, F. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 7, n. 3, set-dez. 2014. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1366/1860>. Acesso em: 08 out. 2021.

PENHA, E. T.; FROTA, C. **Fundamentos de Química Orgânica**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S. A. 232 p. 2018.

SILVA, F. C.; SILVA, E. P. C.; DUARTE, D. M.; DIAS, F. S. Relação entre as dificuldades e a percepção que os estudantes do Ensino Médio possuem sobre a função das representações visuais no Ensino de Química. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, p. 1-21, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/3TLcfqDwpHV8Wq8Pn5yxjdN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 mar. 2022.

SILVA, M. G. L.; NÚÑEZ, I. B. **Modelos científicos, didáticos e mentais**. 1 ed. Natal – RN, EDUFRN Editora da UFRN, 2007. 226 p. Disponível em: https://arquivos.info.ufrn.br/arquivos/2013041102a10f1445868a518de38af25/In_En_QII_A12.pdf. Acesso em: 13 abr. 2022.

SOUZA, E. S. R. A formação de modelos mentais na sala de aula. **Revista Exitus**, Santarem, n. 1, v. 3, p. 169-184, 2013. Disponível em: <http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/revistaexitus/article/view/256/220>. Acesso em: 28 mai. 2020.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 21, n. 1, p. 49-64, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Yr6gdcwP6GZdhGntLL3cvRy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 6 set. 2021.

WONG, W. **Princípios de forma e desenho**. São Paulo: Martins Fontes Ltda. 351 p. 1998.