



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO, DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
CURSO DE QUÍMICA - LICENCIATURA**

THAINÁ FURTADO DE OLIVEIRA

**O USO DE APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE
AUMENTADA: UMA PROPOSTA DE ENSINO PARA O ESTUDO DE ISOMERIA
ESPACIAL NO ENSINO MÉDIO**

**BLUMENAU
2022**

THAINÁ FURTADO DE OLIVEIRA

**O USO DE APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE
AUMENTADA: UMA PROPOSTA DE ENSINO PARA O ESTUDO DE ISOMERIA
ESPACIAL NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Licenciatura em Química do Centro Tecnológico, de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Blumenau, apresentado como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Graziela Piccoli Richetti

**BLUMENAU
2022**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Oliveira, Thainá Furtado de

O uso de aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada: uma proposta de ensino para o estudo de isomeria espacial no ensino médio / Thainá Furtado de Oliveira ; orientadora, Graziela Piccoli Richetti, 2022.
66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau,
Graduação em Química, Blumenau, 2022.

Inclui referências.

1. Química. 2. TDIC . 3. Aplicativos. 4. Ensino de química. 5. Isomeria espacial. I. Richetti, Graziela Piccoli . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Química. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, Amarildo e Marlucia, por acreditarem em mim e me apoiarem na minha trajetória.

A minha orientadora Graziela, por ter me auxiliado não somente neste trabalho, mas em diversos momentos da minha formação.

Aos professores do curso de Licenciatura em Química, pela dedicação e empenho para minha formação profissional e humana em todo meu percurso acadêmico.

A todas as pessoas e aos colegas de curso que estiveram presentes e me ajudaram tanto na minha formação quanto na conclusão deste trabalho.

A Universidade Federal de Santa Catarina, por me possibilitar o acesso à educação pública e de qualidade.

RESUMO

A expansão das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) na sociedade acaba por determinar mudanças na forma como as atividades associadas ao ensino e à aprendizagem são desenvolvidas nas escolas. O objetivo desse trabalho foi elaborar uma proposta de ensino utilizando aplicativos de *smartphones* para o ensino de isomeria espacial. Essas ferramentas possibilitam o uso de *softwares* de representações em três dimensões para a visualização interativa das moléculas e pode ser considerado um recurso interessante para a abordagem da isomeria espacial nas aulas de química. A partir de uma pesquisa bibliográfica de trabalhos voltados ao ensino de química, os aplicativos foram selecionados e, a seguir, elaborou-se uma proposta de ensino com base nos três momentos pedagógicos a partir do tema “A automedicação em um cenário de pandemia”. Especificamente na segunda etapa, propôs-se a utilização dos aplicativos de realidade aumentada e virtual como recurso na visualização e construção das estruturas moleculares para a compreensão da isomeria espacial. Na análise dos aplicativos, os resultados apontaram que esses recursos podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem da química pelas diversas possibilidades de uso em sala de aula. Por outro lado, foram observados que aplicativos somente em inglês e aspectos técnicos dificultam o uso para o ensino de química. Espera-se que esse trabalho contribua para reflexões sobre a importância e necessidade do uso das TDIC pelos professores em suas aulas, contemplando as particularidades do processo de ensino e aprendizagem da química com o uso dos aplicativos, como os de realidade aumentada e virtual, em dispositivos móveis.

Palavras-chave: Tecnologias digitais da informação e comunicação; Aplicativos; Ensino de química; Isomeria espacial.

ABSTRACT

The expansion of Digital Information and Communication Technologies (DICT) in society ends up determining changes in the way activities associated with teaching and learning are developed in schools. The objective of this research was to develop a teaching proposal using smartphone applications for the teaching of spatial isomerism. These tools enable the use of three-dimensional representation software for the interactive visualization of molecules and can be considered an interesting resource for approaching spatial isomerism in chemistry classes. From a bibliographic research of chemistry teaching papers, the applications were selected and a teaching proposal was elaborated based on the three pedagogical moments from the theme "Self-medication in a pandemic". Specifically in the second stage, the use of augmented and virtual reality applications was proposed as a resource in the visualization and construction of molecular structures for the understanding of spatial isomerism. In the analysis of the applications, the results showed that these resources can contribute to the teaching and learning of chemistry due to the different possibilities of use in the classroom. On the other hand, it was observed that applications only in English and technical aspects make it difficult to use for chemistry teaching. It is hoped that this work will contribute to reflections on the importance and need for the use of DICT by teachers in their classes, contemplating the particularities of the teaching and learning process of chemistry with the use of applications, such as augmented and virtual reality, in mobile devices.

Keywords: Digital information and communication technologies; Apps; Chemistry teaching; Spatial isomerism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fórmula estrutural da molécula talidomida.....	40
Figura 2 - Interface do aplicativo <i>StereoChem VR</i>	47
Figura 3 - Estruturas dos isômeros espaciais vistos no aplicativo <i>StereoChem VR</i> ..	47
Figura 4 - Visualização a partir dos óculos 3D no <i>AR VR Molecules Editor Free</i>	49
Figura 5 - Interface do aplicativo <i>Isomère Z/E</i>	51
Figura 6 - Interface do aplicativo <i>Molecular Constructor</i>	53
Figura 7 - Interface do aplicativo <i>ModelAR</i>	54
Figura 8 - Interface do aplicativo <i>Molecule 3D</i>	56
Figura 9 - Instruções para o encaixe do <i>smartphone</i> nos óculos <i>Cardboard</i>	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas da proposta de ensino.....	34
Quadro 2 - Questões para a abordagem do tema automedicação.....	35
Quadro 3 - Texto para leitura e discussão.	36
Quadro 4 - Proposta de exercícios.....	43
Quadro 5 - Critérios para seleção e análise de aplicativos.	45
Quadro 6 - Análise do aplicativo <i>StereoChem VR</i>	48
Quadro 7 - Análise do aplicativo <i>AR VR Molecules Editor Free</i>	50
Quadro 8 - Análise do aplicativo <i>Isomère Z/E</i>	52
Quadro 9 - Análise do aplicativo <i>Molecular Constructor</i>	53
Quadro 10 - Análise do aplicativo <i>ModelAR</i>	55
Quadro 11 - Análise do aplicativo <i>Molecule 3D</i>	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	O ENSINO DE QUÍMICA E O USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDIC)	15
2.1	TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	15
2.2	O ENSINO DA QUÍMICA E O USO DE <i>SOFTWARES</i>	19
2.3	O USO DE <i>SOFTWARES</i> E <i>SMARTPHONE</i> DE REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL	23
3	METODOLOGIA	32
4	ORGANIZAÇÃO DA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ISOMERIA A PARTIR DO TEMA AUTOMEDICAÇÃO	34
4.1	PROBLEMATIZAÇÃO	35
4.2	ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	38
4.3	APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO	44
4.4	O USO DOS APLICATIVOS NO ENSINO DE ISOMERIA ESPACIAL	45
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

APRESENTAÇÃO

Durante o período de atividades de estágio supervisionado no segundo semestre 2019 em uma turma do terceiro ano do curso técnico de informática integrado ao Ensino Médio, observei que os estudantes tinham dificuldades em compreender o conteúdo de isomeria e suas relações com o cotidiano. Ao conversar com a professora de química da turma, surgiu a proposta de utilizar uma estratégia para abordar o conteúdo de isomeria em minha aula de regência.

Naquela época aconteceu a feira de ciências, organizada pelos estudantes desta escola e foi nesse evento que tive o primeiro contato com os óculos de realidade virtual. Estudantes do curso de informática apresentaram os óculos de realidade virtual para abordar os temas globalização e tecnologia na disciplina de geografia, usando óculos profissional e uma opção de óculos feito manualmente em casa para usar com o aplicativo *Google cardboard* desenvolvido pela *Google*. Essa última opção considerei bem interessante pela praticidade e adaptação para o uso em sala de aula, utilizando materiais de baixo custo e acessíveis.

Assim, no desenvolvimento das aulas de regência com a turma, utilizou-se como estratégia os óculos 3D *cardboard* no estudo dos conteúdos abordados. Para melhor atender as necessidades das visualizações geométricas dos isômeros analisados pelos estudantes, utilizou-se os óculos 3D adaptado de Realidade Virtual *cardboard VR*, a partir de um contexto histórico sobre a importância do trabalho de cientistas nas pesquisas de fármacos, utilizando como exemplo o acontecimento envolvendo o uso da talidomida no ano de 1960. Considerando a utilização da ferramenta como promissora e atrativa no desenvolvimento na aula de regência, surgiu o interesse em pesquisar mais sobre o uso de aplicativos de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) para o ensino.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico vem crescendo exponencialmente nos últimos anos, beneficiando muitos setores da sociedade e nós, como consumidores, influenciados e somos diretamente influenciados pela demanda tecnológica. A *internet* vem conquistando cada vez mais espaço entre as pessoas, sendo uma das invenções tecnológicas mais revolucionárias, por sua característica de aproximar pessoas, culturas e informações, superando diversas barreiras como o tempo e a distância (FURTADO; NUNES, 2021).

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios contínua do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizada no quarto trimestre de 2018 sobre o acesso dos domicílios brasileiros à Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), de 2017 para 2018 o percentual de domicílios que utilizavam a *internet* aumentou de 74,9% para 79,1% (IBGE, 2020).

Essa pesquisa também revelou que o equipamento mais usado para acessar a *internet* foi o celular, encontrado em 99,2% dos domicílios com serviço de *internet* e o segundo mais utilizado foi o microcomputador, em 48,1% dos lares. Entre 2017 e 2018, o percentual de pessoas que tinham celular próprio subiu de 78,2% para 79,3%, chegando a 82,9% nas áreas urbanas e a 57,3% nas rurais. Cerca de 74,7% da população brasileira com 10 anos de idade ou mais acessaram a *internet* no período de referência da pesquisa, uma alta de 4,9 pontos percentuais em relação a 2017 (69,8%). Nesse período, esse percentual de utilização subiu de 74,8% para 79,4% na área urbana e de 39,0% para 46,5% na área rural (IBGE, 2020).

Com a evidência da expansão tecnológica, mais o fato de que o conhecimento está localizado para além dos muros da escola, a construção dos saberes não está mais restrita ao ambiente escolar e familiar, mas também vinculada às novas experiências vivenciadas nos círculos de amizades e através dos meios de comunicação (FARAUM; CIRINO, 2016). Os jovens estão cada vez mais inseridos neste meio e os ambientes escolares precisam se adaptar a essa nova demanda dos estudantes devido à necessidade de diversificação dos métodos de aprendizagem (FARAUM; CIRINO, 2016; LEITE, 2020; FERREIRA; SANTOS, 2020).

De acordo com o Comitê Gestor da *Internet* no Brasil (CGI-Br), o principal equipamento utilizado pelos estudantes para acessar à *internet* nas escolas tanto públicas quanto privadas é o *smartphone*, sendo que no ano de 2017 esse percentual

aumentou significativamente para 97%, comparada à pesquisa anterior, do acesso pelos estudantes (CGI, 2018). Assim, o acesso à *internet* na escola possibilita o uso de ferramentas para o desenvolvimento, por exemplo, de visualizações e simulações dos fenômenos, tanto na química quanto em outras disciplinas escolares (FURTADO; NUNES, 2021).

Uma pesquisa recente realizada pelo TIC Educação (2020), revelou que 82% das escolas brasileiras tinham acesso à *internet*, com um percentual maior entre escolas estaduais (94%) e particulares (98%). Com menores proporções de acesso estão as escolas localizadas na região Norte (51%), em áreas rurais (52%) e naquelas de pequeno porte, com até 50 alunos (55%). Ainda nessa pesquisa, 68% das escolas têm acesso à *internet* na sala de aula e em 51% destas o acesso estava disponível para os estudantes.

Uma das dificuldades apontadas nessa pesquisa foi que mesmo com uma conexão à *internet* sem fio presente em 94% das escolas, apenas 45% liberava o acesso aos alunos, incluindo os casos em que havia necessidade de gestores informarem uma senha para autorizar o acesso aos estudantes. A qualidade da conexão à *internet* pode ser um dos fatores determinantes para a dispersão de acesso entre os espaços na escola e seus colaboradores (TIC EDUCAÇÃO, 2020).

A falta de acesso à *internet* influencia diretamente a utilização dos recursos tecnológicos que podem ser empregados nas escolas. Uma das estratégias que vêm sendo utilizadas pelos professores para minimizar a falta desse recurso é o uso de seu próprio celular e os aparelhos dos estudantes em atividades na sala de aula (MEDEIROS *et al.*, 2021). A falta de dispositivos para os estudantes utilizarem é outro desafio enfrentado pelas escolas. Os dados levantados pela pesquisa TIC Educação nas instituições da rede estadual de ensino mostraram que 37% das escolas possuem entre 6 e 15 dispositivos para uso pedagógico e 19% possuem mais de 16 dispositivos (TIC EDUCAÇÃO, 2020).

Mesmo com as evidências tecnológicas em constante desenvolvimento na sociedade, principalmente entre os jovens, se faz necessário uma orientação por parte do professor diante da quantidade de informação e isso remete à busca de metodologias associadas às tecnologias. Para Mercado (2002), o professor precisa saber orientar os educandos sobre onde e como obter a informação desejada, como tratá-la e utilizá-la. Deste modo, o professor se encontra à frente de uma tarefa

desafiadora em que ele e a escola precisam caminhar juntos para assegurar sua verdadeira função social e contribuir para a construção dos conhecimentos pelos estudantes.

A inclusão das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) no ensino vêm como uma das respostas a essa demanda tecnológica nas escolas (VASCONCELOS; ARROIO, 2013). Por exemplo, os *smartphones* utilizados pelos estudantes são considerados potenciais para o aprendizado por estimularem múltiplos sentidos e, também, por possibilitarem a simulação de diferentes realidades, com a função de transportar o mundo real e virtual à escola, além de favorecer a conexão/interação entre os envolvidos.

As comunicações móveis, caracterizadas pelo uso dos dispositivos móveis, têm mudado o cenário educativo, trazendo desafios às instituições de ensino e aos profissionais da educação. Com o paradigma de aprender em qualquer tempo e lugar, vem ganhando um espaço considerável e uma nova dimensão que envolve as tecnologias móveis, propondo o acesso aos conteúdos educativos em períodos de inatividade (LEITE, 2020).

De acordo com Leite (2015), com a abordagem de *softwares* em conteúdos de química específicos para o uso em sala de aula e uma frequente renovação/atualização desses, percebe-se uma demanda de mercado direcionada ao uso dessas tecnologias para fins educativos, denominada aprendizagem móvel ou *mobile learning* ou ainda *m-learning*, que pode ser definida como

[...] qualquer tipo de aprendizagem que ocorre quando o estudante não está em um local estático e estipulado, ou no momento em que a aprendizagem acontece quando o estudante ‘tira’ vantagem das oportunidades de aprendizagem oferecidas por tecnologias móveis. (LEITE, 2015, p. 336).

Esse autor chama a atenção sobre o fato do estudante usar o celular para realizar uma atividade na aula de química não caracteriza o *mobile learning* porque esta modalidade de aprendizagem “aproveita as potencialidades de dispositivos móveis usufruindo de oportunidades de aprendizagem através de diferentes contextos e tempos” (LEITE, 2015, p. 336).

Uma das possibilidades para o uso de tecnologias na educação é a simulação e demonstração de fatores envolvidos nos fenômenos químicos. Machado (2016) constatou a existência de ações educativas promissoras com uso adequado de

ferramentas tecnológicas, numa abordagem significativa dos conteúdos mais abstratos da química como, por exemplo, os arranjos geométricos, as ligações químicas, a atomística, os processos físico-químicos e reações orgânicas.

Para Leite (2020), muitas das ferramentas tecnológicas apresentam potencialidades para reforçar a ação docente em sala de aula, favorecendo uma aprendizagem significativa dos conteúdos químicos e incentivando os estudantes numa atuação mais ativa. Por exemplo, o *smartphone* pode ser utilizado com finalidades educativas nas aulas de química para visualizações e simulações dos fenômenos estudados, com o uso da Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) (LEITE, 2020; ALMEIDA; SILVA, 2017; QUEIROZ; OLIVEIRA; REZENDE, 2015).

Conteúdos de química, que exigem dos estudantes um certo nível de abstração, acabam sendo uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos professores em sala de aula. Por exemplo, os conteúdos de isomeria são abstratos e geralmente faz-se necessário utilizar modelos moleculares para que os estudantes compreendam a geometria das moléculas em um espaço tridimensional. Um exemplo disso são as moléculas com isomeria *R* e *S* que possui a mesma fórmula molecular, mas com diferentes conectividades e/ou arranjos espaciais dos átomos, proporcionando para algumas moléculas propriedades físicas e químicas diferentes. Pesquisadores brasileiros verificaram que, em geral, os estudantes apresentam dificuldades para visualizar e compreender a isomeria dos compostos em suas conformações espaciais (RAUPP; SERRANO, 2009, CORREIA; FREITAS; FREITAS; FILHO, 2010, RAUPP; DEL PINO, 2013).

Dessa forma, a utilização somente dos livros didáticos e conteúdos registrados no quadro têm se mostrado ineficientes por não conseguirem assegurar a atenção dos estudantes e motivá-los a compreender determinados conteúdos. Partindo dessa conjuntura de maior acesso à *internet* e às tecnologias digitais de informação e comunicação, cada vez mais presente na sociedade, torna-se necessário incluir as novas tecnologias nos currículos escolares.

Atualmente existe uma ampla variedade de tecnologias de aprendizagem móvel disponíveis nos *smartphones* para desenhar, criar e compartilhar conteúdos educativos dos quais os estudantes fazem uso (LEITE, 2020). Segundo Camacho (2011), as tecnologias móveis se tornam cada vez mais onipresentes e podem ser utilizadas para enfrentar alguns desafios nos processos de ensino-aprendizagem,

colaborando na construção social do conhecimento, ampliando o compromisso crítico, colaborativo e de comunicação entre os estudantes.

Assim, devido à necessidade de se adequar às práticas desenvolvidas em sala de aula nesse contexto tecnológico em que os estudantes estão inseridos, o objetivo geral deste trabalho foi desenvolver uma proposta de ensino mediada pelo uso de tecnologias digitais, para o ensino de isomeria espacial no Ensino Médio, por meio da utilização dos óculos 3D de Realidade Virtual (RV) em aplicativos de *smartphone* junto à Realidade Aumentada (RA) para visualização e construção de modelos moleculares. Como objetivos específicos, propõe-se:

- Investigar, na literatura, sobre o uso das TDICs e das tecnologias de Realidade Virtual e Realidade Aumentada para o ensino e aprendizagem da química.
- Pesquisar aplicativos para dispositivos de tecnologia móveis, como *smartphone* e *tablet*, que possam ser utilizados em ações pedagógicas na representação de moléculas no ensino de química.
- Elaborar uma proposta metodológica para o ensino de isomeria a partir do tema da automedicação, demonstrando a importância da ciência na síntese dos medicamentos e da apropriação do conhecimento científico.

2 O ENSINO DE QUÍMICA E O USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TDIC)

Alguns conceitos teóricos para o significado de tecnologia são abordados nesse capítulo, com ênfase nas TDIC empregadas no contexto escolar como meio favorável a inclusão digital. Bem como, o levantamento de trabalhos com diferentes perspectivas sobre o uso das TDIC e suas ferramentas no processo de ensino-aprendizagem da química.

2.1 TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

As tecnologias estão presentes nos diversos processos do nosso dia a dia e incluídas em nossos hábitos, alguns empregados para cuidar da higiene, alimentar-se, falar ao telefone e cozinhar. Outras tecnologias com as quais convivemos se caracterizam como artefatos, tais como canetas, lápis, cadernos, talheres entre outros. Além destas há também aquelas relacionadas ao aprimoramento dos nossos sentidos, como óculos, aparelhos de audição e instrumentos de medida. Segundo Gonçalves e Nunes, a tecnologia pode ser entendida como

[...] um conjunto de conhecimentos que permite nossa intervenção no mundo, compreendendo ferramentas físicas, instrumentos psíquicos ou simbólicos, sociais ou organizadores. Trata-se de um saber fazer, alimentado da experiência, da tradição, da reflexão e das contribuições das diferentes áreas do conhecimento (2006, p.1).

Na mesma direção, Almeida considera que a tecnologia

[...] é expressa com múltiplos significados e que variam de acordo com o contexto, podendo ser vista como: artefato, cultura, atividade com determinado objetivo, processo de criação, conhecimento sobre uma técnica e seus respectivos processos etc. (ALMEIDA, 2005, p. 40).

Entre as tecnologias citadas até aqui, têm-se as tecnologias relacionadas à informação e comunicação como facilitadora das relações e interações sociais entre os indivíduos. Com a evolução dos recursos audiovisuais, as informações passaram a ser transmitidas de maneira mais ágil, eficiente e diversificada.

No cenário global, mecanismos de entendimento, socialização e aprendizagem também são modificados e recebem os impactos do desenvolvimento científico e tecnológico. O conhecimento e as informações são disseminados de modo a ir além dos meios institucionais e formais como a escola. Os estudantes passam a ter outros referenciais para formação e aprendizado caracterizados pela educação não formal (GOHN, 2006). É a era da informatização e midiaticização implicando a vida dos sujeitos em todos os aspectos, como culturais, sociais, psicológicos e educacionais (SILVA *et al.*, 2016, p. 18).

A troca de informações, registros por fotos e vídeos, expor opiniões e sensações foram ações fundamentais na evolução da maneira como nos comunicamos. Assim, foram surgindo novas possibilidades tecnológicas e se forem associadas ao ensino podem facilitar a educação pela inclusão digital (DIONÍZIO; SILVA; DIONÍZIO; CARVALHO, 2019).

Silva *et al.* (2016, p. 16) afirmam que “não há como desvincular a significação ou a ressignificação das aprendizagens sem pensar nos meios tecnológicos intrínsecos aos procedimentos do aprender”. Para esses autores, os conhecimentos cada vez mais midiáticos devem ser incorporados às práticas educativas para o desenvolvimento de atividades (SILVA *et al.*, 2016).

Nessa ótica se inserem os conceitos de ciberespaço e cibercultura de Pierre Lévy (1999), que denomina ciberespaço ou rede o meio de comunicação que foi desenvolvido a partir da junção entre os computadores em escala mundial. O termo ciberespaço

[...] especifica não apenas a infra-estrutura material da comunicação digital, mas também o universo oceânico de informações que ela abriga, assim como os seres humanos que navegam e alimentam esse universo (LÉVY, 1999, p.17).

A cibercultura é relativa ao “conjunto de técnicas (materiais e intelectuais), de práticas, de atitudes, de modos de pensamento, de valores que se desenvolvem juntamente com o crescimento do ciberespaço” (LÉVY, 1999, p.17). Para Silva *et al.* (2016), o saber é algo que está sempre se modificando, tornando-se necessário entender como os processos educativos estão sendo constituídos a partir de cada nova realidade dinâmica do ciberespaço e dos impactos da cibercultura na formação, tanto de quem ensina quanto de quem aprende.

A partir da constituição do ciberespaço as informações e sua transmissão são frequentemente transformadas, assim, para Lévy (1999), o processo de ensino e

aprendizagem precisa acompanhar essas mudanças constantes. O saber e o conhecimento são procedentes de diversos ambientes e, para Silva *et al.* (2016), isso conduziria a escola e os professores se adaptarem ao ciberespaço e à cibercultura que fazem parte da vida social. “Normatizando esta necessidade, a legislação educacional brasileira aborda o uso das tecnologias que devem ser inseridas na sala de aula” (SILVA; LUZ; PONCIANO; JESÚS, 2016, p. 21).

O uso das tecnologias na educação, em processos educativos ou instrutivos, pode ser por meio de *gadgets* (dispositivos), como a lousa digital, os *tablets* e as mesas educacionais e, também, em *softwares*, como aplicativos, simuladores, jogos e livros digitais. Existem também outras possibilidades, como a Realidade Aumentada, que é uma tecnologia que permite que o mundo virtual interaja com o real através de imagens e simulações. A tecnologia de Realidade Aumentada é utilizada na área médica em cirurgias e vacinação infantil, treinamento aeroespacial, salto de paraquedas por soldados, publicidade, simulações de brinquedos em parque de diversões, na educação, entre outros (ADAMS, 2013). Com essa tecnologia explorada em sala de aula existe a possibilidade de maior interação e visualização na maneira como as atividades podem ser executadas pelos estudantes.

Outra possibilidade é a Realidade Virtual, que permite a imersão completa em um ambiente simulado, com ou sem interação com o usuário. Como as interações moleculares são representações criadas para a compreensão entre o experimental e teórico, as simulações com o uso da Realidade Virtual podem auxiliar os estudantes a construir uma maior compreensão do mundo abstrato e microscópico da química.

Pesquisadores (OSBORNE; HENNESSY, 2003; SELWYN, 2008; MORAN, 2006; GIORDAN, 2008) apontam que o uso das tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC) no ensino contribui para a capacidade de autoaprendizado e para o potencial de integração no ensino e aprendizagem de ciências, como apresentado por Santos:

No estudo *The ICT Impact Report*, realizado por Balanskat, Blamire & Kefala (2006) a integração das TIC é referida como tendo repercussão no aproveitamento escolar dos alunos, relativamente a algumas áreas disciplinares específicas, nomeadamente as Ciências, e nas faixas etárias entre os sete e os dezesseis anos de idade (SANTOS, 2007, p. 42).

O uso educacional das TDIC contribui para o desenvolvimento de novas metodologias de ensino e confere aos estudantes maiores responsabilidades nas suas atitudes em uma sociedade plural, democrática e tecnológica (CACHAPUZ *et al.*, 2005). Além disso, pode fortalecer a justiça social pela democratização do acesso ao ensino permitindo que seus usuários se apropriem de informações de uma maneira mais igualitária (DIONÍZIO; SILVA; DIONÍZIO; CARVALHO, 2019).

São muitas as concepções dadas as TDIC por diferentes autores, porém todas com o mesmo viés. Para Moran, Masetto e Berhens (2006) as TDIC são como um conjunto de ferramentas que, manipuladas de forma planejada, podem promover objetivos comuns no que tange ao entendimento e o alcance da informação. Segundo Gonçalves e Nunes (2006), as TDIC são tecnologias que possibilitam a veiculação da informação e da comunicação com rapidez, e dinamismo com difusão de imagem e som. Constituem um conjunto de recursos tecnológicos que possibilitam processos automáticos e de fluidez de mensagens em negócios, pesquisas científicas e acadêmicas e na prática pedagógica, utilizando *hardwares* de computadores, redes, *smartphones* e *softwares* (DIONÍZIO; SILVA; DIONÍZIO; CARVALHO, 2019).

Em sua dissertação de mestrado, Santos (2007) constatou que os principais benefícios do uso das TDIC no ensino das ciências são: (i) o ensino das ciências torna-se mais interessante, autêntico e relevante; (ii) há mais tempo dedicado à observação, discussão e análise e (iii) existem mais oportunidades para implementar situações de comunicação e colaboração. Concordamos com os autores e compreendemos que o uso das TDIC nas aulas de química pode contribuir para estimular mudanças na prática docente em sala de aula.

Segundo Rolando *et al.* (2015), em investigações feitas com o intuito de compreender como os professores fazem o uso das tecnologias em suas aulas, foi constatado que, em geral, os mesmos fazem uso frequente das ferramentas disponíveis na *internet*, porém sua utilização é focada em redes sociais, pesquisa em *sites* de busca e *download* de materiais. Um dos principais obstáculos ao uso das TDIC em sala de aula é a ausência de formação técnica e pedagógica adequadas, juntamente com os recursos escassos de algumas escolas e a falta de interesse por parte dos professores (MIRANDA, 2007, STINGHEN, 2016). Para Moreno e Heidelmann (2017) um dos desafios da sociedade atual é incluir na prática docente o

uso das TDIC, e uma possibilidade para minimizar esse desafio é a inclusão dessa temática na formação inicial e continuada dos professores.

2.2 O ENSINO DA QUÍMICA E O USO DE *SOFTWARES*

A química é uma ciência investigativa que estuda a estrutura, composição, propriedades, reações e transformações das substâncias. O estudo da química no Ensino Médio inicia com a compreensão da constituição da matéria, sendo de fundamental importância para o entendimento das propriedades apresentadas pelos materiais, os fenômenos, assim como a aplicação desses materiais no cotidiano.

Uma das propriedades da matéria facilmente observada é seu estado, podendo ser sólido, líquido e gasoso (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2009). Ao observarmos uma amostra da matéria suficientemente grande, medida e manipulada pelos sentidos humanos, consideramos que as observações ocorrem no mundo macroscópico da química. Já para a introdução no mundo submicroscópico ou particulado dos átomos e das moléculas, temos, a partir de uma amostra macroscópica, a divisão desta até que a quantidade de amostra não possa mais ser vista a olho nu (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2009).

Para Giordan (2008), o estudo da matéria e da teoria molecular nos remete a formas de representações que, sem as quais, a construção de conceitos pelos estudantes seria quase que inviável. Nesse sentido, o entendimento das unidades estruturais atômicas, moleculares, dos íons e dos fenômenos químicos que acontecem, auxilia o estudante a compreensão da química de maneira mais significativa. Um exemplo são os conteúdos de isomeria espacial, pois os conceitos e fenômenos relacionados às estruturas das moléculas são muitas vezes de difícil compreensão para o estudante uma vez que estes apresentam dificuldades em visualizar tais fenômenos.

O aprendizado da química se baseia na compreensão de três aspectos fundamentais: a observação dos fenômenos naturais (universo macroscópico), a representação destes em linguagem científica (universo simbólico) e o real entendimento do universo das partículas como átomos, íons e moléculas (universo microscópico) (JOHNSTONE, 1993). O aspecto simbólico a partir da linguagem científica não é considerado algo novo e intrigante aos estudantes, por se originar de

palavras (mesmo que da língua inglesa) já conhecidas do nosso vocabulário, como por exemplo, os símbolos dos elementos químicos da tabela periódica utilizados para escrever uma fórmula química.

O aspecto microscópico faz uso de modelos moleculares representacionais para uma compreensão mais direta do fenômeno estudado e pode ser considerado o de maior dificuldade de compreensão (GIORDAN, 2008). Essas imagens representacionais são, por muitas vezes, questionadas pelos estudantes por não ter paridade com nada de concreto em seu mundo físico ou em seu cotidiano. Transitar pelas três dimensões é uma tarefa que requer dedicação e persistência por parte dos docentes, pois exige uma compreensão sobre os conhecimentos prévios dos estudantes e como eles compreendem os conhecimentos químicos escolares.

Os aspectos relacionados aos fenômenos do universo macroscópico utilizam as percepções e os sentidos dos estudantes e são considerados mais fáceis para serem abordados (RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009). Atividades experimentais que envolvem indicadores ácido-base, nas quais substâncias que mudam de cor, indicam se o meio está ácido ou básico e em experimentos que envolvam a combustão, nos quais o aspecto visual inicial é diferente do aspecto visual final, são exemplos de fenômenos do universo macroscópico (GIORDAN, 2008).

De acordo com Núñez *et al.* (2008) os estudantes têm diferentes habilidades de percepção espacial para visualizar representações de objetos 3D, e alguns apresentam dificuldades de visualização mesmo com representações mais simples. Essa visualização é muito importante para o entendimento de conceitos químicos abstratos que necessitam do uso de modelos para auxiliar a explicação, por exemplo, átomos e moléculas (NÚÑEZ; QUIRÓS; NÚÑEZ; CARDA; CAMAHORT, 2008).

Especificamente no estudo da química, a Realidade Aumentada pode ser utilizada para a visualização das diferentes estruturas dos compostos em três dimensões permitindo aos estudantes que movam e manipulem as moléculas usando essa ferramenta. O objetivo é que eles possam desenvolver uma intuição espacial das estruturas, uma habilidade fundamental para os estudantes no entendimento e resolução da isomeria. No estudo das ciências investigativas, como a química, pode

se fazer uso e aplicação de tecnomídias¹ para promover a aprendizagem científica. Essas ferramentas exibem sua potencialidade, reforçando a ação docente de modo a favorecer colaborativamente a aprendizagem significativa dos conteúdos escolares (MACHADO, 2016). Dessa forma, parece bastante válido que a exploração e utilização de *softwares* para representação de modelos moleculares virtuais, simulações e representações tridimensionais, em situações estruturadas de ensino, seja produtiva para os estudantes, conforme sugestões de pesquisas sobre essa temática (LAMBACH; LOMAS, 2021; GRANDO; CLEOPHAS, 2020; DIONÍZIO *et al.*, 2019; NASCIMENTO *et al.*, 2018).

Para Lima e Moita (2011) o emprego de tecnologias é um dos meios para a promoção de um ensino de qualidade. As tecnologias são vistas como ferramentas pedagógicas que permitem a inclusão dos estudantes no mundo digital por meio de seus recursos que abrange as diversas formas de acesso ao conhecimento, de uma maneira dinâmica, autônoma e atual.

Nesse sentido, a literatura na área de ensino de química, com ênfase em TDIC, aponta alternativas para a utilização de computadores e *softwares* como uma das possíveis respostas para essa dificuldade, já que estes apresentam um potencial elevado de contribuição na aprendizagem do estudante (MACHADO, 2016).

Grando e Cleophas (2020) realizaram um levantamento de aplicativos de Realidade Aumentada em *smartphones* com o sistema operacional *android*, que poderiam ser usados no processo de construção de conhecimento no ensino da química. Esses aplicativos foram analisados quanto à identificação, aspectos técnicos e níveis de compreensão do conhecimento químico (GRANDO; CLEOPHAS, 2020). Os autores priorizaram os testes das funções, preferencialmente, gratuitas e disponíveis nos aplicativos da categoria AR, sendo selecionados Química 3D - CTI - UNESP, QuimicAR, *RApp*, *Chemistry Simulator AR*, *AR VR Molecules Editor*.

Grando e Cleophas (2020) consideraram que a Realidade Aumentada pode ajudar a diminuir a abstração conceitual dos conteúdos de química, principalmente no âmbito molecular, contribuindo também na apreensão e construção dos outros níveis representacionais essenciais para o entendimento da química. Acrescentam ainda

¹ As tecnomídias são recursos tecnológicos que apresentam aspectos de comunicação e informação submetidos às tecnologias, e utilizadas nos processos formativos na educação contemporânea (MACHADO, 2012).

que o uso das tecnologias precisa estar alinhado à práxis e à mediação dos docentes, caso contrário, os estudantes podem desenvolver barreiras como interpretações equivocadas ou não compreender as finalidades das atividades proposta (GRANDO; CLEOPHAS, 2020).

Nascimento *et al.* (2018) relataram uma experiência com o aplicativo *Isomère Z/E*, voltado para estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, com o propósito de apresentar os benefícios das tecnologias no ensino de isomeria geométrica. Esse aplicativo atua na identificação dos tipos de isomeria *Z/E* através de cartas de *QR-Code* a partir da projeção das moléculas em Realidade Aumentada.

Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados questionários, observações e registros da vivência do Ciclo da Experiência Kellyana (CEK). O desenvolvimento ciclo foi realizado em cinco etapas: A primeira etapa foi a antecipação, que serviu para investigar os conhecimentos prévios dos estudantes na identificação das estruturas dos isômeros geométricos. Na segunda etapa, Investimento, o conteúdo é esclarecido e são citadas moléculas para identificação e nomeação das estruturas. Na terceira etapa, Encontro, o aplicativo *Isomère Z/E* junto as orientações de uso foram apresentadas aos estudantes. Na quarta etapa, Confirmação ou Desconfirmação, os estudantes confirmam ou não suas primeiras ideias sobre o assunto. Na quinta e última etapa, Revisão Construtiva, os estudantes foram levados a pensar sobre o conteúdo de isomeria (NASCIMENTO *et al.*, 2018).

Os resultados desse estudo apontaram que 71% dos estudantes tiveram dificuldades na identificação e classificação dos isômeros na primeira etapa e, após o uso do aplicativo houve uma significativa diminuição e o percentual foi de 16%. A utilização do aplicativo contribuiu no seguimento de formação e construção dos conceitos de isomeria por meio de um aprendizado lúdico e interativo (NASCIMENTO *et al.*, 2018).

Na revisão bibliográfica realizada por Dionízio *et al.* (2019) sobre as TDIC como ferramenta didática, o objetivo principal foi encontrar estudos/pesquisas que comprovassem a eficiência das TDIC na área da educação em química. Nos trabalhos encontrados, as pesquisas de satisfação realizadas com os estudantes sobre os recursos tecnológicos que utilizaram apresentaram resultados satisfatórios, indicaram melhorias na compreensão dos conteúdos e um aprendizado mais empolgante (DIONÍZIO *et al.*, 2019).

Segundo esses autores, a evolução das TDIC junto ao acesso à internet tem contribuído para a inclusão digital e, com isso, tem aumentado a disponibilidade de recursos metodológicos possíveis ao ensino de química. Os diversos recursos encontrados, como os aplicativos de jogos, tabela periódica, calculadoras químicas, desenhos de moléculas, mostraram potencialidades para tornar as aulas mais atrativas e significativas para os estudantes (DIONÍZIO *et al.*, 2019).

Lambach e Lomas (2021) realizaram uma pesquisa do tipo estado do conhecimento para quantificar e categorizar trabalhos, publicados entre 2016 e 2021 em periódicos brasileiros, que utilizaram as TDIC no ensino de química, tanto no Ensino Médio quanto do Ensino Superior. Entre os 58 artigos localizados, destacam-se 10 artigos de formação de professores, 14 artigos de uso de *softwares* no Ensino Médio e 4 artigos de uso de TDIC no Ensino Médio (LAMBACH; LOMAS, 2021).

Segundo os autores, as publicações sobre TDIC no ensino de química ainda são limitadas e pressupõem que também existem limitações no uso e abordagem das TDIC nas aulas e práticas pedagógicas dos professores do Ensino Superior na formação docente. As TDIC são vistas pelos autores como um campo de investigação bastante propício, e são consideradas como auxílio na compreensão do conhecimento científico (LAMBACH; LOMAS, 2021).

A partir dos artigos pesquisados, constatou-se a ênfase sobre o importante papel que a visualização ocupa no processo de ensino e aprendizagem, no contexto das dificuldades dos estudantes para interpretar os fenômenos, as transformações químicas e os modelos representacionais (VASCONCELOS e ARROIO, 2013). O uso de recursos tecnológicos para as visualizações pode contribuir para melhor compreensão do conteúdo e de coerência entre o que é explicado pelo professor e o que é compreendido pelo estudante.

2.3 O USO DE *SOFTWARES* E *SMARTPHONE* DE REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL

Dentre os diversos *softwares* usados na educação, têm-se os *softwares* de visualizações e construções de modelos que apresentam diferentes representações e proporcionam as visualizações em 2D e 3D. Em geral, os estudantes dominam melhor as representações dos isômeros planos, pois é uma visualização estrutural plana e

mais familiar para eles. Entretanto, as dificuldades são maiores na diferenciação dos isômeros geométricos, pois existe uma necessidade de comparação entre representações em 3D capaz de revelar as diferenças nas estruturas (RAUPP, SERRANO; MOREIRA, 2009).

Para identificação dos isômeros geométricos os estudantes precisam transformar a fórmula química em uma estrutura molecular, visualizar a possível configuração tridimensional, ou seja, altura, profundidade e largura, e comparar as estruturas. A partir dessa sequência de operações deve ser capaz de compreender e manipular mentalmente representações e esse é um ponto crítico para os estudantes (WU; SHAH, 2004).

Existem diferentes tipologias para o termo 'visualização'. De acordo com Gobert (2005), pode-se ter três usos representacionais: visualização externa, visualização interna e um terceiro como um tipo de habilidade espacial. A visualização externa são representações usadas na aprendizagem, que na ciência são os gráficos, diagramas, modelos, simulações, entre outras. A visualização interna é também usada na descrição de construções mentais internas, sendo construída pelo indivíduo de forma individual ou coletiva, fundamental no processo de ensino e aprendizagem da química. A visualização como habilidade espacial "a habilidade de manipular ou transformar a imagem ou padrões espaciais em outros arranjos" (GOBERT, 2005 *apud* EKSTROM; FRENCH; HARMAN; DERMEN, 1976). Segundo Gobert (2005), os três termos de visualizações apresentados não se apresentam separados entre si, como três tipos de construções diferentes, mas sim, complementares para a compreensão de representação do objeto. Explorando as ferramentas de visualização pode-se auxiliar os estudantes a partir de uma compreensão cognitiva dos fenômenos químicos e, conseqüentemente, oferecer condições de explorar o estímulo sensorial da visão.

Com o avanço dos *softwares* computacionais, dispõe-se de meios cada vez mais eficientes para a representação tridimensional dos modelos de moléculas. Uma das principais vantagens é que o estudante poderá manipular os modelos e verificar a geometria das moléculas através de uma visualização externa que será internalizada. Assim, para os autores Melo e Melo (2005) os *softwares* educacionais de simulação são opções inovadoras para a representação de modelos dinâmicos, auxiliando no desenvolvimento da compreensão conceitual dos estudantes.

No trabalho de Raupp, Serrano e Moreira (2009), a utilização de *software ChemsSketch* como ferramenta didática no ensino de isomeria geométrica teve como objetivo investigar como o uso de *software* no ensino de química impacta na compreensão dos diferentes níveis de representações bi e tridimensionais. A experimentação ocorreu em três etapas, sendo a primeira composta por um pré-teste, para desenhar as estruturas sem o auxílio do *software* como ferramenta (RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009).

Na segunda etapa, os estudantes tiveram de representar em três dimensões as formas *cis/trans* de alguns compostos. Os estudantes foram instruídos em como utilizar o *ChemsSketch* utilizado para desenhar os isômeros. Durante esta etapa, os autores defendem que “é necessário que os estudantes manipulem livremente a ferramenta de construção de modelos, pois é nesta etapa que acreditamos que ocorre a internalização de lógicas inerentes às representações computacionais” (RAUPP, SERRANO; MOREIRA, 2009, p.71). É interessante destacar que o *ChemsSketch* permite que o estudante ou professor construa uma molécula de forma simples e fácil, até mesmo moléculas com estruturas mais complexas. O programa permite também a conversão das estruturas 2D em 3D para uma melhor visualização.

Os autores concluíram que o uso do *software* junto com a atividade proposta auxiliou os estudantes na resolução das situações-problema que antes eles não conseguiriam resolver, auxiliando também na diferenciação das estruturas e classes de problemas. Dessa forma, Raupp, Serrano e Moreira (2009) recomendam o uso destes *softwares* em sala de aula no estudo da química orgânica.

Moreno e Heidelmann (2017) selecionaram recursos instrucionais inovadores com o objetivo de explorar suas funcionalidades. Os critérios utilizados para selecionar os aplicativos foram a flexibilidade/compatibilidade com os equipamentos disponíveis, interface intuitiva, custo zero ou reduzido, personalização de materiais, compartilhamento entre usuários, importação e exportação de notas com versões disponíveis nos sistemas operacionais, *Windows*, *iOS* e *Android* (MORENO; HEIDELMANN, 2017).

Destacando-se uso de *softwares* para a construção e representação estrutural de fórmulas químicas e moleculares: os aplicativos *BKChem.org*, *ChemSketch* e *Avogadro*. O *ChemSketch* e o *Avogadro* são *softwares* que se sobressaem no estudo dos isômeros, pelas possibilidades de representação molecular. O *ChemSketch*

permite trabalhar com orbitais e interações entre eles, identificação de carbonos assimétricos e rotações *R* ou *S*.

Os aplicativos analisados por Moreno e Heidelman (2017) também podem ser utilizados para elaboração de atividades, por exemplo, criação de formulários de pesquisa *online*, edição de fórmulas químicas e moléculas, mapas conceituais, elaboração de apresentações, uso de vídeos, edição de áudios e criação de ambientes virtuais de aprendizado. Entre os *softwares* analisados por Moreno e Heidelmann (2017) alguns disponibilizam uma área exclusiva para o professor acompanhar as respostas dos estudantes, tanto da turma como individualmente.

O trabalho de Rocha *et al.* (2021) buscou facilitar o entendimento e promover uma aprendizagem significativa por meio de uma proposta de atividade com o aplicativo de Realidade Aumentada *Mirage-Molecular Geometry* para abordar o conteúdo de geometria molecular, no primeiro ano do Ensino Médio. Nesse aplicativo o estudante observa as estruturas moleculares sob diversos ângulos. No *site* desse aplicativo há uma sugestão de atividade disponível para *download*, os autores analisaram essa atividade a partir dos pressupostos da aprendizagem significativa.

Nos resultados, os autores destacaram a motivação, a participação ativa e o trabalho em grupo como aspectos essenciais de interação entre a aprendizagem significativa e a Realidade Aumentada. Para eles, essa interação “pode oferecer suportes teóricos e práticos indispensáveis para o trabalho docente [...] facilitando a aprendizagem significativa em diversos tópicos de química, inclusive na geometria molecular” (ROCHA *et al.*, 2021, p. 6).

Leite (2020), analisou diferentes aplicativos para dispositivos móveis de Realidade Virtual e Realidade Aumentada explorados na *Google Play* para o ensino de química. Foram selecionados cinco aplicativos para análise, usando como critérios aplicativos desenvolvidos no Brasil (apenas um) e os mais baixados na plataforma *Google Play*. Para o autor, é fundamental que o estudante tenha disponível para uso um *smartphone* ou *tablet* com sistema operacional e especificações técnicas adequadas e disponibilidade de óculos para Realidade Virtual para navegar pelo aplicativo. As dificuldades apontadas por Leite (2021) foram a presença de informações apenas em inglês nos aplicativos, textos curtos e mais resumidos do conteúdo, falta ou pouco espaço para armazenamento de dados e estudantes com labirintite.

Leite (2020) sugere que o professor realize atividades com esses recursos como forma de contribuir para o processo de ensino aprendizagem, mas ressalta que essas atividades não podem ser vistas como uma solução para todos os problemas de ensino e aprendizagem da química. Para esse autor, a inserção desses aplicativos no contexto educacional precisa ser planejada para além de uma mera transposição dos conteúdos de química do meio analógico para o digital, considerando a adoção desses recursos de modo a contemplar a construção do conhecimento dos estudantes.

Furtado e Nunes (2021) analisaram a utilização da realidade virtual do *Google Cardboard* e do aplicativo *Google Expedições*² em duas aulas de química no Ensino Médio sobre o conteúdo de combustão. Os estudantes responderam um questionário, antes das aulas e após, sobre o conteúdo de combustão. Participaram dessa pesquisa 18 estudantes do 1º e 3º anos do Ensino Médio dos cursos técnicos integrados ao médio de Hospedagem e Petróleo e Gás. Também foi realizado um questionário de pesquisa com os estudantes sobre o perfil de utilização do celular e *internet* para os estudos.

Nas duas aulas de 50 minutos utilizou-se o aplicativo *Google Expedições*, com as expedições em VR *Exothermic reaction* e *hydrogen*, junto com os óculos de realidade virtual *Google Cardboard*, uma apresentação de *slides* e um vídeo. Cada grupo de estudantes recebeu um par de óculos que foi utilizado de forma alternada pelos integrantes durante a aula. Os estudantes usaram *smartphones* de uso pessoal e o aplicativo foi baixado na própria escola pela rede *Wi-Fi*. No final da aula os estudantes resolveram um exercício idêntico ao aplicado antes da aula para saber se houve alguma evolução na compreensão desse conteúdo. As autoras destacaram que as aulas foram idealizadas pensando na relevância histórica, científica, tecnológica e social do conteúdo e concluíram que houve uma melhora significativa na compreensão do conteúdo após as aulas utilizando a realidade virtual.

Numa prática realizada no Instituto Federal de Goiás, Almeida e Silva (2017) analisaram as contribuições do uso da Realidade Aumentada para o ensino de isomeria no 3º ano do Ensino Médio. O objetivo foi analisar, nas argumentações das

² Google Expedições é um dos produtos google focado no ensino com realidade virtual, em formato de aplicativo, possibilitando excursões virtuais em qualquer lugar usando o Google Cardboard.

respostas dos estudantes, se eles conseguiram êxito nas atividades utilizando Realidade Aumentada. Os *softwares* computacionais investigados nessa prática foram Avogadro e *Flash Augmented Reality Authoring System (FLARAS)*³, que são utilizados para a modelagem em terceira dimensão (3D) de objetos virtuais, e posteriormente o desenvolvimento de uma aplicação interativa.

A pesquisa foi realizada em duas etapas. Na primeira aconteceu o desenvolvimento da aplicação interativa em Realidade Aumentada com três atividades sobre isomeria. Na segunda etapa foi feita utilização da aplicação interativa com os alunos, a fim de que eles demonstrassem via questionário e de forma escrita, sua percepção e aplicação do conteúdo explorado com o uso da Realidade Aumentada (ALMEIDA; SILVA, 2017). Os pontos positivos indicados pelos estudantes foram “facilidade na aprendizagem”, “inovação”, e “visualização dos objetos em 3D”. Como aspectos negativos, destacaram “dificuldades de acesso”, “falta de qualidade na imagem”, “lentidão no programa”, “não auxilia no processo de aprendizagem” e “programa precisa ser melhorado” (ALMEIDA; SILVA, 2017, p. 264). Os autores avaliaram que o pouco contato com a ferramenta e problemas com a rede interna dos computadores podem ter causado as dificuldades apontadas pelos estudantes.

Segundo os autores, a tecnologia de Realidade Aumentada foi uma ferramenta facilitadora no processo de aprendizagem para o conteúdo de isomeria, permitindo uma maior interatividade e possibilidade da visualização em terceira dimensão e em tempo real. Entretanto, advertem “que mesmo abordando um tema específico, deve-se levar em consideração a integração com outros conteúdos, valorizando os conhecimentos prévios dos alunos”. (ALMEIDA; SILVA, 2017, p. 265).

O trabalho de Ferreira e Santos (2020) apresenta um relato de experiência utilizando a Realidade Virtual e Aumentada (RVA) no ensino de química durante a Mostra Viver Ciências, edição 2019, em Rio Branco - Acre. As atividades foram realizadas em quatro etapas, a primeira para a seleção dos aplicativos na plataforma *Google Play*, testados e escolhidos conforme sua usabilidade e compatibilidade com os *smartphones android*. Os aplicativos gratuitos escolhidos foram *Rapp Chemistry*:

³ Esse aplicativo tem como principal característica, permitir o acesso de pessoas leigas da área de computação sejam capazes de desenvolver aplicações de Realidade Aumentada mesmo sem o conhecimento de programação de computadores. (FLARAS, 2012).

AR, AR VR *Molecules Editor Free*, *Chemistry Simulator AR* e *Atom Ar by Aura Interactive*.

Os autores argumentaram sobre o objetivo, vantagem e desvantagem de cada aplicativo. Na segunda etapa foram selecionados estudantes do curso de Licenciatura em Química como voluntários para o projeto. Na terceira etapa aconteceu a capacitação da equipe, reuniões seguidas de orientações quanto ao uso dos aplicativos, marcadores de Realidade Aumentada e óculos de Realidade Virtual e, na última etapa, aconteceu a apresentação no evento Viver Ciências. (FERREIRA; SANTOS, 2020).

Os autores identificaram, por meio de relatos e observações, conteúdos que antes eram vistos pelos estudantes com dificuldade, por exemplo, reações químicas tiveram uma melhor compreensão. Ferreira e Santos (2020) também verificaram um maior interesse dos estudantes que testaram as tecnologias, demonstrando uma maior curiosidade sobre as visualizações devido à experiência mais imersiva com RVA. Mesmo com limitações relacionadas à estabilidade, poucos recursos e idioma estrangeiro, os autores reconheceram um grande potencial nesses aplicativos para as aulas de química, permitindo a abordagem dos conteúdos de uma maneira mais dinâmica, interativa e atrativa com o uso dessas ferramentas. (FERREIRA; SANTOS, 2020).

Silva, Araújo e Leite (2021) fizeram o uso de *webquest* no ensino e aprendizagem de isomeria óptica, com a intenção de mostrar sua relevância para a construção do conhecimento autônomo do estudante, assim como apontar a importância do uso desse recurso para aproveitamento didático. O público alvo foram estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública em Recife. Foi realizada uma pesquisa de campo, de cunho exploratório e descritivo dividida em dois momentos, primeiro na criação da *webquest* pelos próprios autores e, o segundo, no uso da *webquest* com os estudantes e a aplicação de um questionário no *google forms* para a avaliação final.

Os autores observaram a construção de competências como empatia e cooperação, a cultura digital, o domínio de conteúdo, pensamento crítico e a comunicação ativa entre os estudantes. Entre os resultados destacam-se a necessidade de uma mudança na prática dos professores em sala de aula para o uso das TDIC, visto que esta atividade foi bem aceita pela maioria dos estudantes, apesar

de alguns estudantes terem demonstrado certa resistência às atividades propostas. (SILVA; ARAÚJO; LEITE, 2021).

Com base nos trabalhos apresentados, consideramos que os aplicativos de dispositivos móveis, com destaque aos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, podem ser considerados ferramentas úteis no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos científicos de química, sobretudo os conteúdos mais abstratos, tendo potencial para auxiliar na visualização em 3D de modelos de moléculas. Neste trabalho, os aplicativos que serão explorados pelos estudantes são os de Realidade Virtual e Realidade Aumentada, que são tecnologias de interface capazes de simular, por meio de um ambiente virtual, as estruturas moleculares (LEITE, 2020). E como tema para a proposta metodológica, tem-se a automedicação no contexto pandêmico. No final do ano de 2019 na China foram identificados os primeiros casos de uma pneumonia de origem até então desconhecida. Após muitos estudos, especialistas chegaram à conclusão de que se tratava de uma doença infecciosa que comprometia o sistema respiratório e era provocada pelo vírus *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (SARS-CoV-2) (PITTA *et al.*, 2021). Conhecida por ser altamente transmissível entre as pessoas, a Covid-19 possui sintomas como tosse seca, dor de cabeça, febre, dispneia e hipóxia. Diante de uma situação tão urgente muitos cientistas e pesquisadores buscaram constantemente por tratamentos que fossem realmente efetivos, porém, isso leva tempo e muita pesquisa. Por isso é tão importante respeitar e seguir todas as indicações dos órgãos responsáveis e competentes sobre os cuidados para prevenção contra o Covid-19, como o uso de máscaras, distanciamento social, e, atualmente, tomar a vacina.

No contexto dessa busca incessante surgiram respostas com poucas evidências científicas, por exemplo, o uso dos medicamentos ivermectina e cloroquina com atividade comprovada apenas *in vitro* sem a comprovação efetiva em ensaios clínicos (GUIMARÃES; CARVALHO, 2020, PITTA *et al.*, 2021). Segundo Kalil (2020) o uso de medicamentos com atividade reconhecida apenas *in vitro*, usados no tratamento da Covid-19, sem uma comparação com um grupo de controle, pode consistir em uma dedução errada de que o benefício será mais aceitável do que o dano que esse medicamento pode causar.

Nesse sentido, houve um aumento considerável no consumo de medicamentos entre a população devido à grande difusão e incentivo de uso do “tratamento precoce”

ou “kit-covid”, composto por medicamentos como a hidroxicloroquina ou cloroquina, associada à azitromicina, à ivermectina e à nitazoxanida, além dos suplementos de zinco e das vitaminas C e D (MELO; DUARTE; MORAIS; FLECK; ARRAIS, 2021). Há uma grande preocupação sobre o uso desenfreado de medicamentos sem prescrição ou sem evidências científicas comprovadas para o tratamento da Covid-19 e isso também representa um grande risco à saúde das pessoas. Segundo Melo *et al.* (2021) as pesquisas revelam um aumento considerável das vendas em farmácias desses tipos de medicamentos para o tratamento e prevenção da Covid-19, supondo ainda que boa parte desse aumento está relacionada à automedicação. Uma pesquisa realizada pelo Instituto de Ciência, Tecnologia e Qualidade (ICTQ), mostrou que no ano de 2018 no Brasil, 79% das pessoas com mais de 16 anos reconhecem ter tomado medicamentos sem prescrição médica ou farmacêutica (ICTQ, 2018).

3 METODOLOGIA

Na pesquisa qualitativa, a análise descritiva e interpretativa utilizando o método indutivo é fundamental para a interpretação dos dados (GIL, 2014). Neste trabalho realizou-se um levantamento de trabalhos acadêmicos no *Google Acadêmico* e em periódicos *online* voltados para o ensino aprendizagem de química que utilizassem ferramentas tecnológicas e recursos educacionais digitais para a representação de moléculas em uma perspectiva 3D. Desta forma, essa pesquisa é de caráter descritivo e exploratório.

Com base na revisão de literatura elaborou-se uma proposta de ensino estruturada nos três momentos pedagógicos para o estudo da isomeria espacial.

- Na problematização inicial expõe-se um problema real que os estudantes vivenciam e eles são desafiados a expor suas percepções sobre a situação, com o objetivo de problematizar o conhecimento apresentado.
- No segundo momento, organização do conhecimento, o professor orienta os estudantes sobre os conhecimentos científicos necessários para a compreensão do tema e da problematização inicial.
- Por fim, na aplicação do conhecimento, ocorre a sistematização do conhecimento que está sendo construído pelos estudantes para que tenham condições de articular os conhecimentos científicos com as situações cotidianas, a fim de propor respostas para a problematização (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Como tema para a problematização propõe-se “A automedicação em um cenário de pandemia” pensada justamente para problematizar os acontecimentos vivenciados durante a pandemia e, assim, reforçar a importância da ciência.

A prática da automedicação é caracterizada principalmente pela decisão de um doente ou de seu responsável em fazer uso ou produzir um produto que acredita que irá melhorar sua saúde ou aliviar os sintomas de uma doença. A orientação médica é substituída por sugestões de medicamentos por pessoas não autorizadas/especializadas, como familiares, amigos ou balconistas de farmácias (MATOS; PENA; PARREIRA; SANTOS; COURA-VITAL, 2018).

A química dos medicamentos pode ser assunto de interesse para os estudantes entenderem como uma substância química que é utilizada como fármaco

exerce sua atividade dentro do nosso corpo. Entre muitos medicamentos comercializados nas farmácias, alguns apresentam uma particularidade em sua estrutura química que é muito importante para a atividade biológica. Assim, podemos abordar alguns dos conceitos de isomeria espacial utilizando as estruturas moleculares de determinados fármacos.

Partindo da problematização, no segundo momento pedagógico, pretende-se explorar os conceitos de isomeria espacial com auxílio dos aplicativos *StereoChem VR* com óculos 3D de Realidade Virtual, *AR VR Molecules Editor Free*, *Isomère Z/E*, *Molecular Constructor*, *ModelAR* e *Molecule 3D*, como recursos visuais para interpretação das representações espaciais das estruturas, análise dos isômeros e para a construção dos modelos moleculares.

Pretende-se avaliar a importância e consequências perante a ação biológica e social de alguns fármacos para que os estudantes percebam a necessidade do entendimento da química em sua vida. Assim, é possível demonstrar que o estudo da isomeria é fundamental no contexto de pesquisa farmacêutica e do conhecimento/informação sobre determinados assuntos da química e aplicação em seu contexto social e humano.

4 ORGANIZAÇÃO DA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ISOMERIA A PARTIR DO TEMA AUTOMEDICAÇÃO

A proposta de ensino tem por princípio o emprego de recursos da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada com o intuito de oportunizar a compreensão da isomeria espacial com o uso da TDIC (ALMEIDA; SILVA, 2017, FURTADO; NUNES, 2019, ROCHA *et al.*, 2021). A proposta foi dividida em três etapas com diferentes atividades dentro de cada momento pedagógico e levou em consideração o tempo de 4,5 horas aula de química da terceira série do Ensino Médio, conforme exposto no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas da proposta de ensino.

ETAPAS	ATIVIDADES	RECURSOS
1ª Etapa: Problematização inicial	- Atividade 1: Problematização da temática com os estudantes. - Atividade 2: A automedicação e a Covid-19 por meio de texto e vídeos.	- Quadro ou projetor multimídia - Projetor multimídia; internet
2ª Etapa: Organização do conhecimento	- Atividade 3: Apresentação dos aplicativos e construção dos óculos 3D. - Atividade 4: Explorando os conceitos de isomeria. - Atividade 5: Atividade experimental: Rotação de luz polarizada por moléculas quirais.	- Projetor multimídia; internet; materiais impressos e para construção dos óculos - Projetor multimídia; smartphone - Quadro ou projetor multimídia
3ª Etapa: Aplicação do conhecimento	Atividade 6: Produção de um vídeo e material informativo sobre a temática	Smartphone; internet

Fonte: elaborado pela autora (2022).

A partir da próxima seção serão apresentadas a descrição das etapas, desenvolvidas em cada momento pedagógico, assim como as propostas de atividades que poderão ser realizadas com os estudantes para a compreensão da isomeria espacial.

4.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Para a atividade 1, será utilizado como tema gerador “Automedicação em um cenário de pandemia”. Um ato já recorrente para muitas pessoas é a utilização de medicamentos sem prescrição médica, a automedicação, que em tempos tenebrosos de pandemia, tornou-se um hábito ainda mais rotineiro. Muitas pessoas acabam recorrendo ao uso de medicamentos, receitas caseiras e até ingestão de produtos tóxicos como meio de prevenção ou tratamento para essa doença (GUIMARÃES; CARVALHO, 2020).

Os estudantes podem ser separados em grupos de até 4 componentes, essa interação é importante para o compartilhamento de ideias dentro dos grupos, e como estratégia para diminuir eventuais dificuldades que possam surgir, como a incompatibilidade dos aparelhos no momento de uso dos aplicativos. Para a abordagem do tema sugere-se algumas questões apresentadas no Quadro 2 para os estudantes refletirem e discutirem, inicialmente nos pequenos grupos e posteriormente levadas a todos, em uma roda de conversa, a fim de compartilhar suas ideias e informações.

Quadro 2 - Questões para a abordagem do tema automedicação.

Você sabe o que significa a automedicação?
Você reconhece os hábitos da sua família com o uso de medicamentos com ou sem prescrição médica?
Você já se automedicou para a prevenção a Covid-19? Caso tenha tido Covid-19, se automedicou para o combate da doença?
Você considera que a química é importante no desenvolvimento de um fármaco?
Você já ouviu falar sobre a isomeria em fármacos?

Fonte: elaborado pela autora (2022).

O objetivo desses questionamentos será identificar os saberes prévios dos estudantes, estimular o levantamento de ideias e problematizar seus conhecimentos sobre o tema. Assim, é possível que o professor faça uma avaliação dos conhecimentos apresentados pelos estudantes, com uma maior chance de identificar possíveis concepções alternativas e dificuldades conceituais. Algumas frases ou palavras que o professor considere importante para as discussões podem ser

sistematizadas no quadro para uma discussão, mas sem um juízo prévio que possa intimidar a participação dos estudantes.

Após a introdução do tema, a atividade 2 tem como objetivo aprofundar as informações sobre a temática. Serão apresentados e discutidos com os estudantes vídeos de curta duração (1º vídeo⁴, 2º vídeo⁵ e 3º vídeo⁶) e um texto adaptado do artigo⁷ “Desinformação, Negacionismo e Automedicação: a relação da população com as drogas “milagrosas” em meio à pandemia da COVID-19” apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Texto para leitura e discussão.

Desinformação, Negacionismo e Automedicação: a relação da população com as drogas “milagrosas” em meio à pandemia da COVID-19

Desde o início de 2020 vivemos uma pandemia causada pela Covid-19 e diante dos diversos impactos causados por uma pandemia, a questão ao redor da Covid-19 tornou-se politizada. Alguns líderes mundiais se negaram ou contrariaram a adoção do isolamento como método preventivo e outros, na tentativa e desejo de encontrar uma solução rápida, barata e já existente, defenderam o uso de medicamentos para o tratamento da doença. Esse posicionamento contribuiu para a disseminação de comportamentos negacionistas contra a ciência e de atos de desinformação, como o compartilhamento de notícias falsas ou manipuladas nas redes sociais e que iam de encontro às recomendações feitas pela OMS. A desinformação, o negacionismo à ciência e, como consequência, o uso irracional de alguns medicamentos e o não cumprimento do isolamento social, mesmo quando possível, se tornaram dificuldades que retardam o combate ao novo coronavírus. Há maiores probabilidades das pessoas acreditarem em informações falsas se estas estiverem alinhadas com ideologias políticas, o que torna o momento vivido ainda mais sensível. Dessa forma, as teorias da conspiração sobre a origem do vírus, sobre o tratamento da doença e a legitimidade do distanciamento físico começaram a ganhar força, e assim minimizaram a gravidade do problema. A situação se tornou ainda mais delicada quando trata-se de fármacos que permeiam a questão do tratamento e da profilaxia à doença. Algumas drogas tornaram-se alvos de discussões e manchetes na mídia, o chamado “kit covid”, uma combinação de Hidroxicloroquina, Cloroquina, Ivermectina e a Azitromicina. A Hidroxicloroquina e a Cloroquina são utilizadas como antimaláricos, como tratamento para doenças reumáticas e para o lúpus, mas começaram a ser usadas - em associação com a Azitromicina - para tratar e prevenir a Covid-19 porque alguns estudos demonstraram a capacidade desses medicamentos de conter a capacidade infecciosa do vírus. No entanto, essas pesquisas apresentaram erros (como a falta de randomização, imprecisão e evidências apenas indiretas) e foram questionadas por muitos especialistas, além de algumas terem sido feitas apenas *in vitro*, sem estudos clínicos, com resultados controversos e insuficientes. Já a Ivermectina é um

⁴ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=dcAY47UWBik> . Acesso em: 13 fev. 2022.

⁵ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=PizTEJW7NKE> . Acesso em: 13 fev. 2022.

⁶ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=kv5nPQVNWh4> . Acesso em: 13 fev. 2022.

⁷ Disponível em: <https://doi.org/10.31005/iajmh.v3i0.147> . Acesso em: 13 fev. 2022.

antiparasitário utilizado em animais e em humanos, mas começou a ser utilizado como forma de tratamento e de profilaxia contra a Covid-19 depois de observação *in vitro* de ação contra o vírus. Porém, novamente não existiam evidências suficientes para afirmar se essa droga de fato possui essa eficácia e muitas pessoas começaram a se automedicar com ivermectina, além do aumento na procura por esses medicamentos pela internet e registros de escassez dos fármacos, mortes e intoxicações. Além disso, essas drogas podem ter como efeito colateral a hipotensão, hipocalemia, e alterações de intervalos de ondas no eletrocardiograma, bem como arritmia, bloqueio atrioventricular e coma. A negação da ciência (além da desinformação) talvez seja um dos principais fatores que, no cenário da pandemia, influencie as pessoas a se automedicarem, colocando sua saúde em risco, uma vez que se cria uma falsa sensação de proteção contra a Covid-19. A prática da automedicação, principalmente frente a pandemia, é uma prática arriscada e que a ação dos órgãos de fiscalização é essencial para evitar intoxicações e complicações clínicas por ingestão irracional de medicamentos.

Fonte: adaptado de Carvalho e Guimarães (2020).

A leitura do texto pode ser realizada entre os grupos e em seguida discutido com toda a turma. Nessa atividade é importante que o professor se atente às dúvidas levantadas dos estudantes, compreensões e suas exposições sobre o tema. Nessa primeira etapa procurou-se representar por meio de questões, vídeos e texto uma conjuntura que se caracteriza com um problema e que necessita ser enfrentado pelos estudantes.

Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011) a primeira descrição realizada pelos estudantes permanece, a fim de que o professor possa entender sobre suas ideias e pensamentos. A função do professor neste momento é mais no sentido de questionar os posicionamentos dos estudantes, estimulando a discussão de divergências nas exposições de suas ideias, promovendo dúvidas sobre o tema e sem muitas explicações teóricas (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Segundo Dionízio *et al.* (2019) é importante conhecer sobre os hábitos dos estudantes referentes ao uso das tecnologias. O professor necessita fazer um planejamento e diagnóstico de sua turma, além de conhecer algumas características técnicas sobre o uso das ferramentas propostas. Para uma melhor estruturação da segunda etapa, a qual inclui a utilização do celular, sugere-se que no final da aula ou num momento anterior à realização dessa proposta o professor converse com os estudantes para que tenha uma noção sobre a utilização dos aplicativos na aula. Isso inclui orientar os estudantes para deixarem seus *smartphones* carregados e com espaço disponível no armazenamento de dados.

4.2 ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

O início desta etapa será destinado à apresentação dos aplicativos, *download*, conhecimento das suas funções, testes e construção dos óculos 3D *cardboard*. O professor pode escrever no quadro os nomes dos aplicativos *StereoChem VR*, *AR VR Molecules Editor Free*, *Isomère Z/E*, *Molecular Constructor*, *ModelAR* e *Molecule 3D* que serão usados ou fazer uma breve apresentação em *slides*. Para a construção dos óculos 3D *cardboard* utilizado no aplicativo de Realidade Virtual será disponibilizado aos estudantes os moldes e materiais necessários (papelão, cola, tesoura, estilete e lentes biconvexa) e um vídeo tutorial⁸ do canal manual do mundo demonstrando como fazer os óculos.

O aplicativo *Isomère Z/E* de Realidade Aumentada, necessita da impressão dos marcadores, disponível na descrição do aplicativo. A impressão pode ser feita pelo professor e disponibilizada aos grupos de estudantes. Devido às experiências na disciplina do estágio II e juntamente com os testes realizados pela autora deste projeto, utilizando os óculos de Realidade Virtual, verificou-se a necessidade de disponibilizar um período de adaptação, incluso no tempo dessa aula de 45 min, de exploração para que os estudantes compreendam o funcionamento e se habituem para um melhor aproveitamento dessa ferramenta.

Para *download* dos aplicativos se faz necessário o uso da rede *Wi-Fi* da escola (caso os estudantes tenham acesso) utilizando seus *smartphones* ou em outro local para utilizá-los no próximo encontro. Na loja do *Play Store*[®], há instruções e dados referentes à descrição de cada aplicativo, sendo útil tanto para o estudante quanto para o professor. Vídeos com explicações mais detalhadas sobre o uso dos aplicativos podem ser encontrados nos *sites* dos desenvolvedores e no *youtube* por meio de uma busca pelo nome do aplicativo.

Os estudantes serão orientados a utilizar os aplicativos de Realidade Aumentada e Realidade Virtual para interação e visualização das moléculas em 3D, juntamente com os outros aplicativos propostos para a construção de modelos de moléculas nas atividades de estudos dos isômeros espaciais. Como atividade para

⁸ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=nXp150UnLw0&t=598s> . Acesso em: 16 fev. 2022.

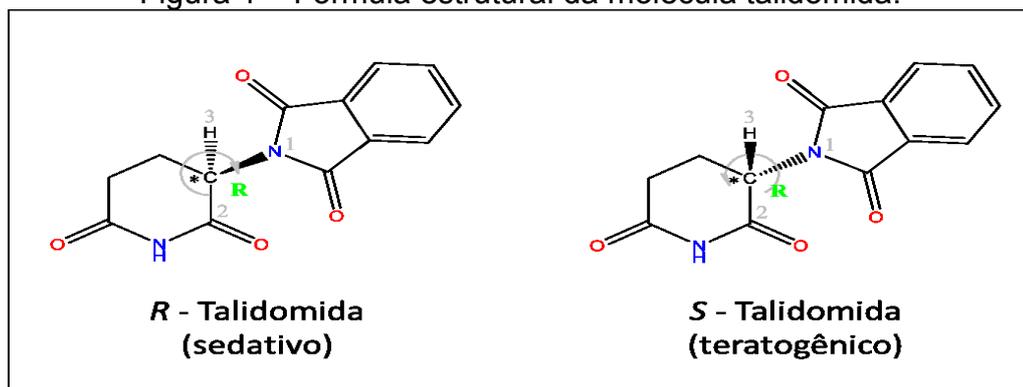
casa, os estudantes devem fazer o *download* (caso não tenha o feito), testar e explorar os recursos dos aplicativos a fim de conhecê-los melhor.

Na atividade 4 serão explorados os conceitos de isomeria espacial e suas subdivisões como os isômeros geométricos e ópticos. No estudo dos isômeros planos a fórmula estrutural plana é uma parte da isomeria que permite uma diferenciação mais concisa. No entanto, para a diferenciação de isômeros geométricos se faz necessário a comparação entre representação em 3D com uma estrutura plana para revelar sutis diferenças, como a disposição espacial de cada átomo, entre as moléculas (CORREIA; FREITAS; FREITAS; FILHO, 2010). Os isômeros espaciais só podem ser diferenciados a partir da observação de suas estruturas espaciais, sendo que essas estruturas têm suas configurações tridimensionais definidas (BRUICE, 2006).

Neste momento realiza-se um estudo sistemático de alguns conceitos do conteúdo de isomeria espacial, abordando a partir de exemplos das estruturas de fármacos, conceitos como: misturas racêmicas, moléculas dextrógiras e levógiras, conceito de simetria, centro de quiralidade, enantiômeros e diastereoisômeros. Contudo é importante lembrar da problematização realizada na atividade 1, como por exemplo, destacar respostas dos estudantes sobre as questões 4 e 5 apresentadas no Quadro 2 (p. 35) sobre o tema automedicação. Para isso, inicia-se com uma exposição sobre os conteúdos utilizando recursos como quadro, modelos moleculares físicos, aplicativos propostos, os óculos Realidade Virtual e uma apresentação do conteúdo em *slides*.

Uma abordagem interessante pode ser feita sobre o medicamento talidomida, representado na Figura 1, pois abrange os conceitos de isomeria óptica, enantiômeros e carbono assimétrico, além da problemática envolvendo a falta de rigor científico em sua descoberta. Os testes realizados na época pela indústria farmacêutica não revelaram o efeito prejudicial desse medicamento em fetos humanos, como a focomelia, uma anomalia congênita que provoca a má-formação dos membros superiores e inferiores. Anos mais tarde descobriu-se que enquanto um enantiômero da talidomida apresentava o efeito desejado (diminuição de náuseas em mulheres grávidas e também efeito sedativo), o outro era responsável pela anomalia.

Figura 1 – Fórmula estrutural da molécula talidomida.



Fonte: produzido pela autora no *ChemDraw* (2022).

O medicamento talidomida apresenta em sua estrutura um carbono assimétrico, uma diferença imperceptível pelos testes feitos na época. Apenas mediante a ação da luz polarizada ou a interação com outras moléculas, que também apresentam carbono assimétrico, é que essa diferença na estrutura química poderia ser percebida. A talidomida é comercializada em sua forma racêmica, ou seja, a mistura de seus enantiômeros, o que gerou esse grande problema. Na produção de medicamentos em um laboratório, substâncias que têm isômeros ópticos levam à síntese de dois enantiômeros, numa proporção de 1:1, assim a síntese de apenas um enantiômero pretendido pode ser um processo difícil e caro. Porém, em alguns casos esse processo é primordial devido à ação danosa do outro enantiômero, como é o caso da talidomida. Por fim, pesquisas indicam que mesmo que esse procedimento fosse realizado não resolveria o problema porque uma vez que esse medicamento fosse administrado, o enantiômero com propriedades sedativas no organismo humano se converte no teratogênico.

Muitos livros didáticos de química abordam a talidomida quando apresentam o conceito de isomeria óptica ou ainda recortes de reportagem sobre o caso que pode ser utilizado como material complementar nessa proposta. Para a abordagem de sua estrutura molecular recomenda-se o uso do aplicativo *StereoChem VR* com óculos 3D de realidade virtual como recurso visual, pois este aplicativo apresenta a estrutura da talidomida e para a construção da estrutura tem-se o aplicativo *Molecular Constructor*. Assim, o estudante poderá explorar os conceitos apresentados pelo professor utilizando os recursos tecnológicos para interpretação das representações espaciais e análise dos isômeros.

Para uma melhor contextualização com a problematização inicial é importante que seja ressaltada a importância do rigor científico na realização dos testes clínicos durante a produção de qualquer medicamento e o tempo necessário para que todos os testes sejam realizados até a sua comercialização de fato. Deste modo, sugere-se que o docente volte em alguns pontos da problematização inicial, por exemplo, retomando as discussões levantadas no texto sobre o kit covid sem estudos clínicos e com resultados controversos. A partir dos conceitos estudados, os estudantes podem compreender as consequências do uso de um medicamento (ou da automedicação) e seus riscos para a sua saúde.

Outra abordagem que pode ser realizada envolve a isomeria geométrica, sendo esses isômeros *cis* e *trans* isômeros com centros quirais, como subdivisão da isomeria espacial. A isomeria *Z* e *E* ocorre com frequência em cadeias abertas que apresentam dupla ligação entre átomos de carbono e a isomeria *cis* e *trans* em estruturas carbônicas cíclicas saturadas (BRUICE, 2006).

Pode ser feita uma abordagem dos isômeros *cis* e *trans* a partir do processo de interconversão de seus pares que acontece em nossa visão, juntamente com o aplicativo *Isomère Z/E* e seus marcadores 1 e 2 para a visualização em Realidade Aumentada das estruturas *cis*-retinal e *trans*-retinal, ressaltando que essas moléculas são também diastereoisômeros. A retina é uma fina camada de tecido que se interconverte da estrutura *cis* para a *trans* na detecção da luz. Nesse aplicativo, os estudantes utilizam os marcadores 1 a 12 que contemplam diferentes estruturas dos isômeros *Z* e *E* podendo ser utilizado como forma de exercício do conteúdo. Para facilitar a indicação dos isômeros recomenda-se o uso do *ModelAR* e *Molecular Constructor*, em que o professor fornece a fórmula molecular e os estudantes utilizam os aplicativos para desenhá-las numa projeção em três dimensões.

O conceito de simetria é muito importante para a compreensão do fenômeno de isomeria. Desta forma, se faz necessário entender a diferença entre objetos simétricos e assimétricos. Perguntas elementares podem ser feitas aos estudantes, por exemplo: Por que não podemos calçar a luva direita na mão esquerda? Nossas mãos têm formas diferentes uma da outra, direita e esquerda. Um objeto que tem forma direita e forma esquerda é chamado quiral e sua imagem especular num espelho não se sobrepõem.

Exemplos visuais são essenciais para essa compreensão dos estudantes. Propõe-se o uso de imagens e modelos moleculares físicos junto ao aplicativo *StereoChem VR*, pois este dispõe de uma animação sobre imagem especular para que os estudantes possam entender as diferenças numa perspectiva de imersão. O aplicativo *Molecule 3D* também poderá ser explorado nessa atividade, nele os estudantes podem pesquisar em sua lista moléculas como o aminoácido alanina (escrito em inglês, *alanine*), ibuprofeno (*ibuprofen*), limoneno (*limonene*) e o ácido láctico (*lactic*) para uma análise tridimensional das estruturas e identificação do centro de quiralidade.

Há exemplos de medicamentos que são quirais e esses possuem somente uma disposição espacial dos átomos da substância apresentando as propriedades desejadas. As moléculas são quirais quando sua estrutura apresenta um ou mais átomos de carbono ligado a quatro substituintes diferentes, tendo sua orientação tridimensional bem definida. Neste último caso teremos um centro assimétrico ou centro quiral neste carbono (BRUICE, 2006).

As moléculas que possuem entre si essa relação objeto-imagem especular não sobreponível são chamadas de enantiômeros e não apresentam um plano de simetria. A isomeria óptica tem grande importância na síntese de medicamentos, em geral, uma das formas estruturais isoméricas das substâncias apresentam propriedades desejadas na síntese de um fármaco enquanto a outra estrutura não apresenta.

Em nosso organismo temos moléculas assimétricas (enzimas) que só interagem com os princípios ativos compatíveis. Em muitos livros didáticos o modelo chave-fechadura é utilizado para explicar esse fenômeno. As moléculas das substâncias ativas em nosso organismo atuam como chaves específicas que interagem com os biorreceptores que atuam como fechaduras.

A atividade farmacológica de um fármaco está vinculada diretamente a sua fórmula estrutural química e à compatibilidade por seu receptor. A resposta farmacológica de uma substância ativa presente no medicamento resulta dessa interação chave-fechadura. O modelo chave-fechadura foi citado com o propósito de facilitar a compreensão pelos estudantes. Este modelo ainda está presente nos livros didáticos do Ensino Médio, embora essa teoria já tenha sido substituída no Ensino Superior pelo modelo do encaixe induzido, a partir da flexibilidade apresentada pelos receptores biológicos.

Na atividade 5 propõe-se um experimento demonstrativo⁹ que pode ser realizado pelo docente em sala de aula ou laboratório, sobre a rotação de luz polarizada por moléculas quirais. Essa atividade tem como objetivo investigar o efeito da concentração das soluções de sacarose e dextrose (substância quiral) em água e em comparação com uma solução de glicerina em água (substância aquiral), permitindo a visualização de modo qualitativo da luz polarizada, a fim de explorar os conceitos de isomeria óptica a partir da construção de um polarímetro de baixo custo (BAGATIN *et al.*, 2005).

Ao final da atividade experimental, os exercícios propostos no Quadro 4 podem ser realizados com os estudantes a fim de comparação com outras soluções de substâncias quirais, como o ácido láctico, e aquiral como o ácido acético. Os aplicativos *Molecule 3D* junto ao *Molecular Constructor* ou *ModelAR* são sugeridos nessa atividade para que os estudantes possam investigar suas estruturas, desenhá-las e serem instigados pelo docente a perceberem a existência ou não de um centro de quiralidade. O docente poderá, ainda, instruir os estudantes a uma observação das perspectivas tridimensionais das estruturas e fazer uma comparação com uma estrutura desenhada no quadro, podendo assim reforçar as geometrias locais dos átomos.

Quadro 4 - Proposta de exercícios.

Exercício proposto: Qual o resultado esperado se o mesmo experimento fosse realizado com uma solução de ácido acético e outra de ácido láctico? Investigue suas fórmulas estruturais no aplicativo *Molecule 3D*.

Exercício proposto: Qual o resultado esperado se o mesmo experimento fosse realizado com uma solução de C_2H_3COOH e outra $C_3H_6O_3$? Construa e analise as estruturas das moléculas com os aplicativos *Molecular Constructor* ou *ModelAR*.

Fonte: elaborado pela autora (2022).

Ainda no segundo momento pedagógico, sugere-se uma atividade de pesquisa extraclasse com o objetivo de apresentar a importância da química na síntese de medicamentos a partir da atividade de pesquisa proposta: Faça uma pesquisa e identifique os tipos de medicamentos e seus efeitos em que apenas um dos

⁹ Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a07.pdf> . Acesso em: 16 fev. 2022

enantiômeros tem a atividade biológica desejada, esses medicamentos são identificados como opticamente puros. Uma substância que modifica o plano da luz polarizada é chamada de opticamente ativa. Uma substância que apresenta quantidades equimolares, como, por exemplo, numa mistura de enantiômeros, a modificação do plano da luz polarizado não acontece e essas misturas são chamadas de misturas racêmicas. Muitos princípios ativos de medicamentos apresentam isomeria óptica e são vendidos em suas formas puras, ou seja, apenas um de seus enantiômeros é comercializado e o método químico responsável por isso é a síntese assimétrica. Essa síntese permite o controle da orientação tridimensional do centro quiral no processo de fabricação de um fármaco. Ainda existe a comercialização de medicamentos de misturas racêmicas, entretanto, a diferença é que hoje tem-se conhecimento sobre qual é o enantiômero responsável pela atividade farmacológica desejada e quais são as ações de outro enantiômero, como toxicidade ou se são nocivos ao nosso organismo.

4.3 APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Na última etapa, sugere-se a produção de um vídeo e material informativo elaborado pelos estudantes sobre o uso racional de medicamentos. A partir da produção desses materiais o docente poderá desenvolver etapas para que os estudantes possam retomar aos conhecimentos que vem sendo assimilado dos conteúdos de isomeria espacial, e assim (re)avaliar as percepções sobre a temática. Espera-se que os estudantes tenham condições de associar o saber científico com as situações abordadas nos momentos anteriores na realização dessa atividade, visto que “é o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas que precisa ser explorado” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011, p. 202). Os estudantes podem explorar os conceitos de química vistos até aqui para a produção do material, buscando a partir desses a conscientização das pessoas sobre o uso racional de medicamentos.

Para elaboração do vídeo o professor pode orientar os estudantes para analisar informações sobre a automedicação e buscar informações em fontes de pesquisa confiáveis, por exemplo, Portal Fiocruz, Redecovida, Observium UFRJ e a Viblioteca virtual em saúde para auxiliar na escolha do contexto dos vídeos. É igualmente

importante que os estudantes sejam orientados a elaborar um roteiro do vídeo e, para isso, ferramentas que podem auxiliar os estudantes, como por exemplo, na edição de vídeo e para o material informativo sugere-se construir uma cartilha (impressa e online) com informações sobre o uso correto de medicamentos.

4.4 O USO DOS APLICATIVOS NO ENSINO DE ISOMERIA ESPACIAL

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir do processo de análise e investigação da pesquisa. A partir dos trabalhos de Moreno e Heidelmann (2017), Nichele e Canto (2018), Leite (2020), Ferreira e Santos (2020) e Grandó e Cleophas (2020) elaborou-se o Quadro 5, que contém critérios para a seleção dos aplicativos. Conforme destacado por Leite (2020) os aplicativos são utilizados como recurso didático digital para o ensino de química e organizados de acordo com método elaborado pelo docente.

Quadro 5 - Critérios para seleção e análise de aplicativos.

Características Gerais	
Ícone	
Objetivo	
Idioma	
Custo	() gratuito () pago
Características Técnicas	
Compatibilidade de sistemas operacionais	() Android
Necessita de acesso a internet	() Sim () Não () Parcialmente
Restrição ao acesso de conteúdos	() Sim () Não () Parcialmente
Interface	() Boa () Regular () Ruim
Características Educacionais	
Temas da Química Orgânica	
Vantagens	
Desvantagens	

Fonte: adaptado de Nichele e Canto (2018); Grandó e Cleophas (2020).

Os aplicativos foram selecionados e testados levando em consideração os critérios do Quadro 5, criando-se um quadro para cada aplicativo e destacando os resultados. A opção “parcialmente” no critério “necessita de acesso à internet” foi disponibilizada porque todos os aplicativos necessitam de *internet*, porém somente no momento de fazer o *download* dos aplicativos. Já no critério “restrição de acesso aos conteúdos”, aparece em alguns aplicativos pagos, porém em que há também a versão gratuita, como o *AR VR Molecules Editor Free*, podem exibir a restrição de algumas funções nos dispositivos.

Utilizou-se para as buscas um *smartphone* da marca Samsung com sistema *android* e pesquisas na loja virtual *Play Store*[®] numa busca de aplicativos para dispositivos móveis que contenha Realidade Aumentada e Realidade Virtual. A escolha do sistema *android* deve-se ao fato de ser mais popular entre os dispositivos móveis, sendo encontrado em *smartphones* de diversas marcas e utilizados pela maioria dos professores e estudantes (LEITE, 2017). Cabe destacar que alguns *softwares* computacionais, como o *Avogadro* e o *ChemSketch* citados nos artigos de Almeida e Silva (2017) e Moreno e Heidelman (2017), já estão disponíveis para o uso em dispositivos móveis.

Os aplicativos de Realidade Aumentada e Realidade Virtual selecionados foram *AR VR Molecules Editor Free*, *StereoChem VR* e *Isomères Z/E*, todos de acesso gratuito no *Play Store*[®] na categoria Educação. Ambos são de fácil acesso na loja *Play Store* *Play Store*[®] pelos estudantes, porém há a possibilidade de incompatibilidade com algumas versões de sistemas operacionais dos *smartphones*. Com o objetivo de favorecer a interação na sala de aula e conseqüentemente minimizar esse problema, sugere-se trabalhar em grupos de estudantes utilizando seus próprios dispositivos.

O aplicativo *StereoChem VR* oferecido por *EduChem VR*, ilustrado na Figura 2, é de uso exclusivo para o estudo de estereoquímica.

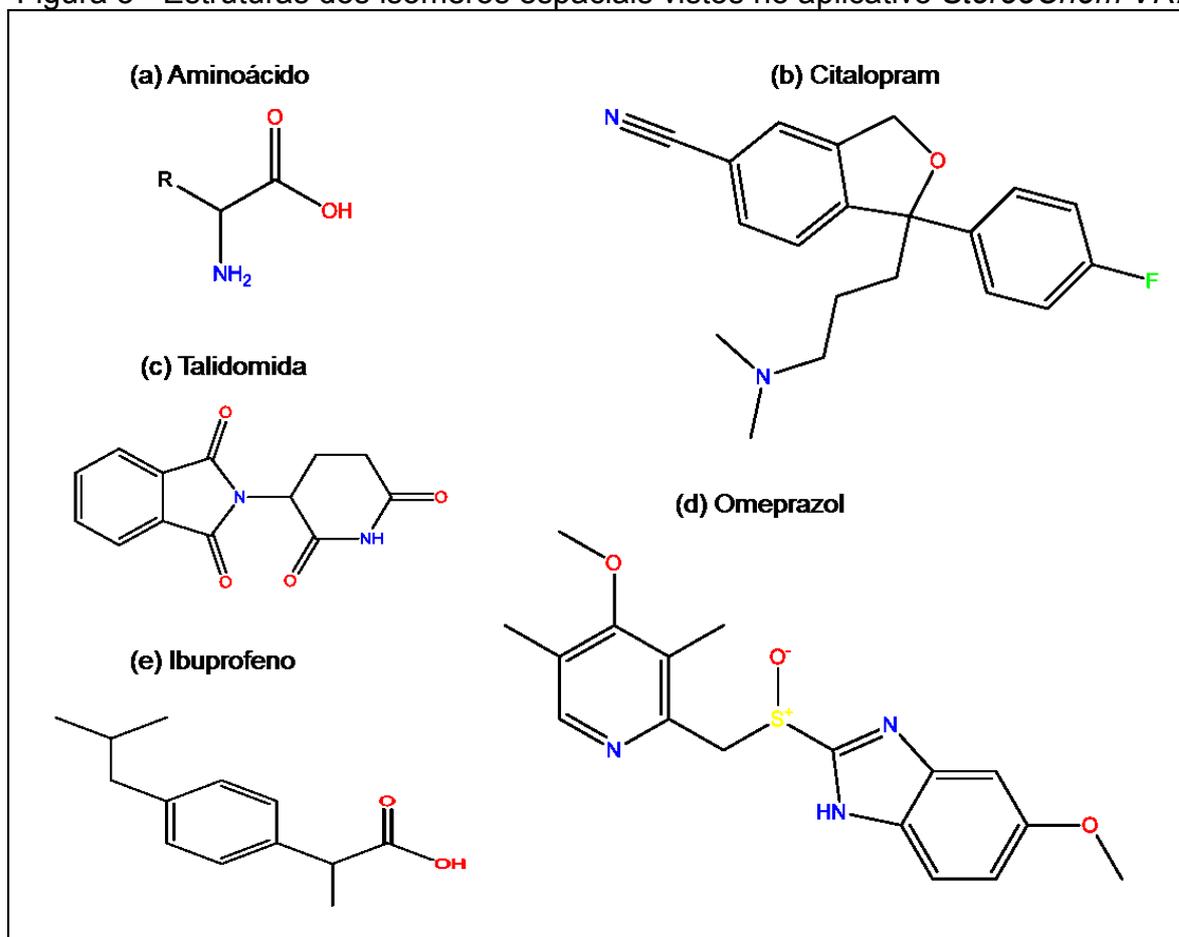
Figura 2 - Interface do aplicativo *StereoChem VR*.



Fonte: adaptado de StereoChem VR (2022).

Nesse aplicativo é possível selecionar os isômeros espaciais *L/D* aminoácido, *R/S* ibuprofeno, omeprazol, citalopram e talidomida cujas fórmulas estruturais se encontram no Figura 3.

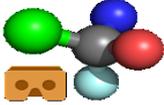
Figura 3 - Estruturas dos isômeros espaciais vistos no aplicativo *StereoChem VR*.



Fonte: produzido pela autora no *ChemDraw* (2022).

Com ele os estudantes podem visualizar a imagem especular dessas moléculas numa espécie de espelho flutuante permitindo uma análise tridimensional a partir do conceito de simetria. No Quadro 6 será apresentada a análise do primeiro aplicativo de realidade virtual proposto, o *StereoChem VR*. Na característica técnica desse aplicativo destaca-se a opção regular, pois a opção de visualização do modelo molecular de preenchimento de espaço apresenta uma certa dificuldade de visualização, o que poderá não ser compreendida pelo estudante.

Quadro 6 - Análise do aplicativo *StereoChem VR*.

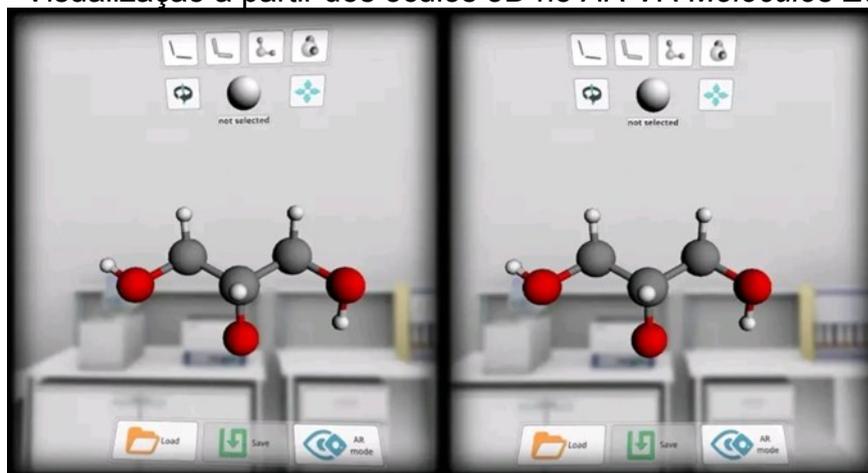
Características Gerais	
Ícone	
Objetivo	Visualização dos isômeros geométricos em uma realidade virtual
Idioma	Inglês
Custo	<input checked="" type="checkbox"/> gratuito <input type="checkbox"/> pago
Características Técnicas	
Compatibilidade de sistemas operacionais	<input checked="" type="checkbox"/> Android
Necessita de acesso a internet	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Parcialmente
Restrição ao acesso de conteúdos	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Parcialmente
Interface	<input type="checkbox"/> Boa <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Ruim
Características Educacionais	
Temas da Química Orgânica	Isomeria espacial
Vantagens	<i>Handedness</i> (relação da mão direita e esquerda na função animação); Diferentes exemplos de isômeros espaciais; Pode ser usado com os óculos <i>cardboard</i> adaptado.

Desvantagens	É necessário o sensor giroscópio para o uso da função VR; Seu idioma é em inglês.
--------------	--

Fonte: elaborado pela autora (2022).

O segundo aplicativo selecionado, o *AR VR Molecules Editor Free* oferecido pela *Virtual Space LLC*, mostrado na Figura 4 permite trabalhar diversos assuntos da química podendo ser utilizado em outras situações, como, por exemplo, no estudo das ligações químicas, geometria molecular e tabela periódica. No momento em que o estudante usa os óculos de realidade virtual 3D é diretamente introduzido em um laboratório de química. Nele, o estudante escolhe os elementos químicos em uma tabela periódica interativa, podendo construir e manipular moléculas de compostos orgânicos e inorgânicos em modelos 3D com a opção de salvá-las em códigos QR para serem visualizadas também em Realidade Aumentada. Com ele podemos explorar diversos fatores, como ângulos, ligações químicas, geometria molecular, tabela periódica, temperaturas de ebulição do composto, vibração molecular e polaridade. Logo seria um complemento podendo ser utilizado em outros momentos nos estudos.

Figura 4 - Visualização a partir dos óculos 3D no *AR VR Molecules Editor Free*.



Fonte: adaptado de *AR VR Molecules Editor Free* (2022).

A Realidade Aumentada auxilia na conexão a partir do abstrato e virtual para o mundo real por meio de visualizações dos modelos moleculares do estilo, vara, bola que podem ser visualizados na Figura 4 da interface do aplicativo. A partir da interface do aplicativo, com as representações tridimensionais das moléculas, é possível

estimular a capacidade representacional nos estudantes, podendo desenvolver habilidades de visualizações espaciais que somente se tornam possíveis com esse tipo de abordagem.

Conforme visto no Quadro 7 de análise, em sua última atualização o aplicativo passou a ser pago e que impossibilita a sua utilização caso o estudante não adquira a licença paga. Entre os dois aplicativos Realidade Virtual citados neste trabalho, o *AR VR Molecules Editor* possui uma melhor interface, mesmo não sendo especificamente para o estudo dos isômeros espaciais, o que reforça a intenção por mantê-lo como uma opção viável de ferramenta de Realidade Virtual.

Quadro 7 - Análise do aplicativo *AR VR Molecules Editor Free*.

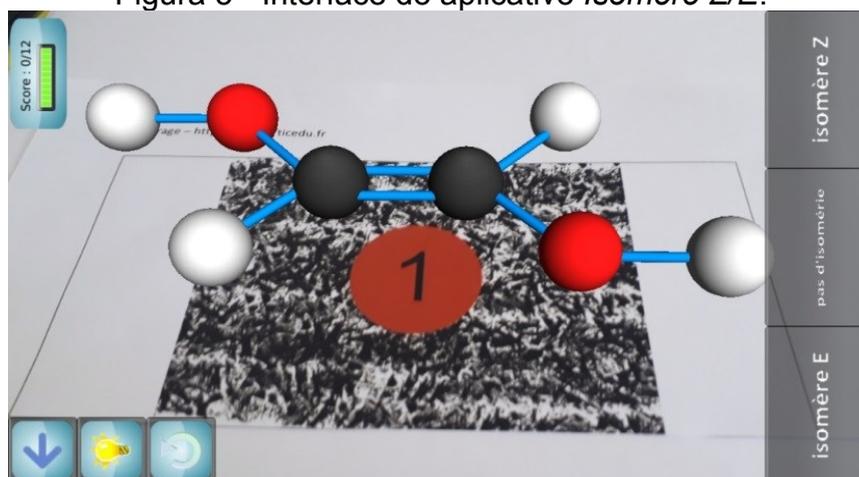
Características Gerais	
Ícone	
Objetivo	Construir e manipular modelos 3D das moléculas em Realidade Aumentada e Realidade Virtual
Idioma	Inglês
Custo	() gratuito (x) pago
Características Técnicas	
Compatibilidade de sistemas operacionais	(x) Android
Necessita de acesso a internet	() Sim () Não (x) Parcialmente
Restrição ao acesso de conteúdos	() Sim () Não (x) Parcialmente
Interface	(x) Boa () Regular () Ruim
Características Educacionais	
Temas da Química Orgânica	Não específico

Vantagens	Construção de modelos de moléculas utilizando os elementos químicos da tabela periódica em Realidade Virtual, editar e gravar as moléculas construídas; Pode ser usado com os óculos Cardboard adaptado; Mesmo com as variedades de funções, esse app é bastante intuitivo para uso e de fácil manejo.
Desvantagens	Uso das principais funções para a construção de moléculas passou a ser pago; É necessário que o <i>smartphone</i> possua o sensor giroscópio para o uso da função Realidade Virtual; Seu idioma é em inglês.

Fonte: elaborado pela autora (2022).

O aplicativo *Isomère Z/E* oferecido por *M. Chardine*, apresentado na Figura 5, expõe 14 estruturas em Realidade Aumentada nas quais os estudantes precisam identificar, a partir dos códigos em *QR-code*, quais estruturas apresentam isomeria geométrica *Z* ou *E*. Este aplicativo apresenta uma interface em formato de jogo em que o estudante aponta o *smartphone* no cartão-código e indica qual isômero representa aquela estrutura em Realidade Aumentada, conforme apresentado no artigo do Nascimento *et al.* (2018). Nesse aplicativo os estudantes podem observar as diferenças estruturais entre a retinal *Z* e a retinal *E* nos códigos em *QR-code* 1 e 2.

Figura 5 - Interface do aplicativo *Isomère Z/E*.



Fonte: adaptado de *Isomère Z/E* (2022).

A análise do aplicativo *Isomère Z/E*, apresentado no Quadro 8, pode ser uma opção interessante para a prática de exercícios dos isômeros. Sua modalidade de

reconhecimento de imagem exclusiva é registrada pelas câmeras e codificadas a partir do aplicativo, assimilando o elemento virtual no ambiente real.

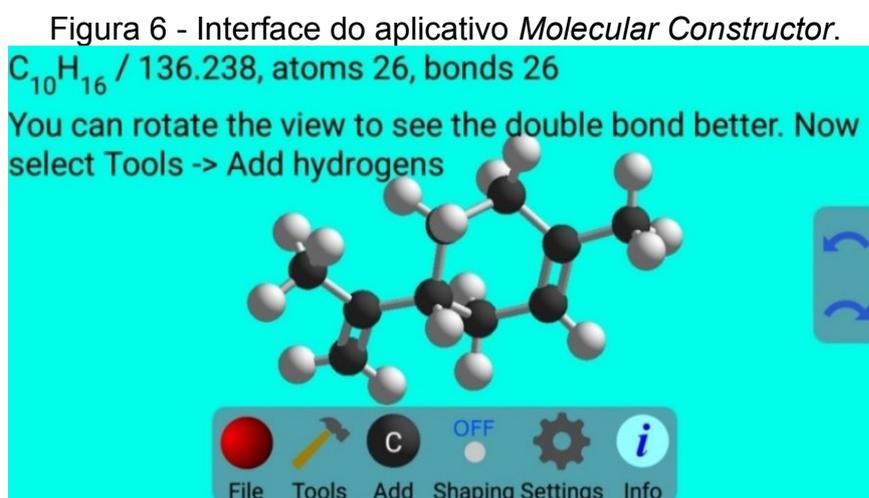
Quadro 8 - Análise do aplicativo *Isomère Z/E*.

Características Gerais	
Ícone	
Objetivo	Identificação dos isômeros geométricos
Idioma	Francês
Custo	(x) gratuito () pago
Características Técnicas	
Compatibilidade de sistemas operacionais	(x) Android
Necessita de acesso a internet	() Sim () Não (x) Parcialmente
Restrição ao acesso de conteúdos	() Sim () Não (x) Parcialmente
Interface	(x) Boa () Regular () Ruim
Características Educacionais	
Temas da Química Orgânica	Isomeria <i>Z/E</i>
Vantagens	Intuitivo e de fácil manuseio pelos estudantes, podendo estimulá-los a treinar a partir do jogo em Realidade Aumentada.
Desvantagens	Seu idioma é em francês; Em alguns <i>smartphones</i> pode não carregar todas as funções do aplicativo.

Fonte: elaborado pela autora (2022).

Durante a pesquisa foram identificados outros aplicativos que apresentaram potencialidades para a construção virtual da representação dos isômeros, como forma de exercitar o conteúdo, desenhar as estruturas e analisar sua geometria espacial. Um

exemplo é o *Molecular Constructor*, apresentado na Figura 6, indicado para a construção virtual de moléculas e possui uma pequena base de dados com algumas moléculas que podem ser utilizadas durante a aula, além das estruturas que podem ser construídas pelos estudantes.



Fonte: adaptado de *Molecular Constructor* (2022)

A análise do aplicativo *Molecular Constructor*, apresentado no Quadro 9, as estruturas dos modelos moleculares podem ser manipuladas a partir da interação com a sua interface, permitindo a visualização por diferentes ângulos, ampliar ou reduzir as estruturas.

Quadro 9 - Análise do aplicativo *Molecular Constructor*.

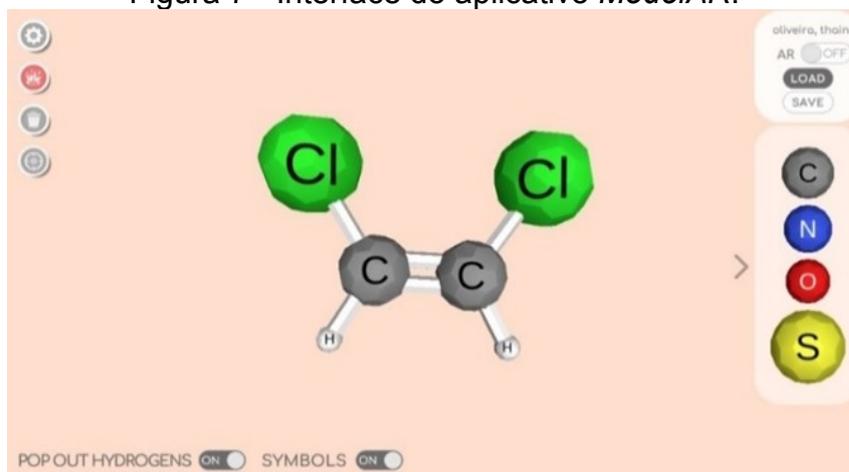
Características Gerais	
Ícone	
Objetivo	Construir e manipular modelos de moléculas em 3D
Idioma	Inglês
Custo	(x) gratuito () pago
Características Técnicas	
Compatibilidade de sistemas	(x) Android

operacionais	
Necessita de acesso a internet	() Sim () Não (x) Parcialmente
Restrição ao acesso de conteúdos	() Sim (x) Não () Parcialmente
Interface	(x) Boa () Regular () Ruim
Características Educacionais	
Temas da Química Orgânica	Não específico
Vantagens	Intuitivo e de fácil utilização em seu manuseio; Construção virtual das estruturas e interface simples; Exploração e interação das moléculas criadas no espaço da interface.
Desvantagens	Banco de estruturas moleculares restrito. Seu idioma é em inglês.

Fonte: elaborado pela autora (2022).

O *ModelAR*, apresentado na Figura 7, possui uma interface um pouco mais dinâmica quando comparado ao *Molecular Constructor*, apresenta características de jogo e pode atrair ainda mais os estudantes. Nesse aplicativo também é permitida a visualização por diferentes ângulos, amplia ou reduz as estruturas e disponibiliza maior interação rotacional.

Figura 7 - Interface do aplicativo *ModelAR*.



Fonte: adaptado do *ModelAR* (2022).

A análise do aplicativo *ModelAR*, apresentado no Quadro 10, é uma ferramenta que se baseia na modelagem 3D da estrutura molecular, além da sua manipulação interativa, apresenta uma opção de visualização da estrutura em Realidade Aumentada a partir da impressão de um marcador (AR TAG) disponível no aplicativo.

Quadro 10 - Análise do aplicativo *ModelAR*.

Características Gerais	
Ícone	
Objetivo	Construir e manipular modelos de moléculas em 3D e inserir em Realidade Aumentada
Idioma	Inglês
Custo	(x) gratuito () pago
Características Técnicas	
Compatibilidade de sistemas operacionais	(x) Android
Necessita de acesso a internet	() Sim () Não (x) Parcialmente
Restrição ao acesso de conteúdos	() Sim (x) Não () Parcialmente
Interface	(x) Boa () Regular () Ruim
Características Educacionais	
Temas da Química Orgânica	Não específico
Vantagens	Intuitivo e de fácil utilização em seu manuseio; Construção virtual das estruturas e interface simples; Exploração e interação das moléculas criadas no espaço da interface; Maior interatividade e utilização também em Realidade Aumentada.
Desvantagens	Seu idioma é em inglês.

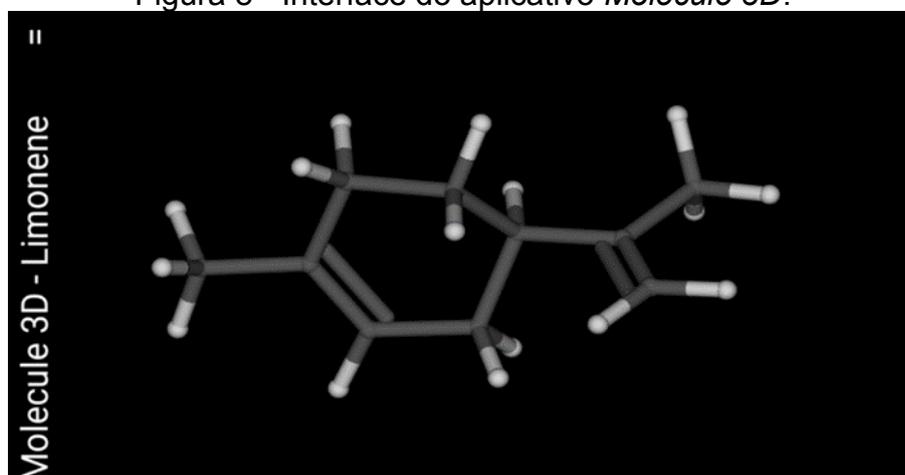
Fonte: elaborado pela autora (2022).

O *Molecular constructor* e o *ModelAR* são utilizados com a mesma finalidade e possuem potencialidades para uso em atividades nas quais os estudantes necessitam construir as estruturas das moléculas.

Um aplicativo com grande potencial para a visualização das estruturas em 3D é o "Moléculas", publicadas no portal da Química Nova Interativa (QNIInt), porém disponível apenas para sistema iOS. Este aplicativo foi analisado na primeira parte deste projeto e o fato de ter saído do sistema *android* não permitiu mais que ele fosse mais explorado. Contudo ainda é uma opção que pode ser utilizada como uma base de dados em que se encontra uma grande variedade de moléculas em 3D. Nele as moléculas também podem ser manipuladas, permitindo a visualização por diferentes ângulos, ampliar ou reduzir as estruturas e por fim, cada molécula possui um texto explicativo contemplando a história de descoberta da molécula, diferentes isômeros espaciais e fontes complementares.

Esse aplicativo foi substituído pelo *Molecule 3D* mostrado na Figura 8, uma opção com a mesma função para sistema *android*. No momento de exploração desse aplicativo para o desenvolvimento das atividades 4 e 5 propostas no segundo momento pedagógico — organização do conhecimento — foi identificado que a estrutura da morfina apresenta um carbono e dois hidrogênios a mais em sua estrutura. Como há a possibilidade de erros conceituais nos aplicativos propostos, é recomendável que o docente dedique um tempo prévio para exploração dessas ferramentas com o propósito de identificá-los antes de usar em sala de aula e que alerte os estudantes sobre este fato.

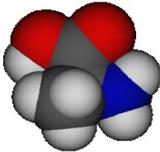
Figura 8 - Interface do aplicativo *Molecule 3D*.



Fonte: adaptado de *Molecule 3D* (2022).

A análise do aplicativo *Molecule 3D*, apresentado no Quadro 11, pode ser melhor utilizado como de forma de banco de dados “aplicativos que disponibilizam dados para consulta”. O *Molecule 3D* possui uma lista de moléculas organizadas por números de átomos em suas estruturas, assim, fórmulas moleculares iguais aparecem na mesma ordem.

Quadro 11 - Análise do aplicativo *Molecule 3D*.

Características Gerais	
Ícone	
Objetivo	Visualizador de moléculas em 3D
Idioma	Inglês
Custo	<input checked="" type="checkbox"/> gratuito () pago
Características Técnicas	
Compatibilidade de sistemas operacionais	<input checked="" type="checkbox"/> Android
Necessita de acesso a internet	() Sim () Não <input checked="" type="checkbox"/> Parcialmente
Restrição ao acesso de conteúdos	() Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não () Parcialmente
Interface	<input checked="" type="checkbox"/> Boa () Regular () Ruim
Características Educacionais	
Temas da Química Orgânica	Não específico
Vantagens	Extenso banco de estruturas moleculares químicas e biológicas; Interface interativa.
Desvantagens	Seu idioma é em inglês; Em alguns <i>smartphones</i> pode não carregar todas as funções do aplicativo; Algumas estruturas apresentam erros.

Fonte: elaborado pela autora (2022).

Os aplicativos *AR VR Molecules Editor Free* e *StereoChem VR* são de uso exclusivo dos óculos *Google cardboard VR®*, podendo ser adaptados com materiais como papelão e lentes biconvexas de acrílico. A elaboração desses óculos pode ser realizada até mesmo pelos próprios estudantes em casa ou na sala de aula. Na *internet* ou no próprio *site* da *google* são disponibilizados moldes e orientações para a construção. O *Google cardboard* traz a realidade virtual para o *smartphone*. É de acesso gratuito para baixar em dispositivo compatível com essa versão, basta configurar o visualizador e utilizá-lo no *smartphone*. A Figura 9 mostra o *smartphone* no visor do *Google cardboard VR®*.

Figura 9 - Instruções para o encaixe do *smartphone* nos óculos *Cardboard*.



Fonte: Loja virtual *Play Store®* (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução da tecnologia, no cenário escolar, necessita acontecer com uma maior frequência e esse foi um dos motivos de inspiração para o desenvolvimento deste trabalho, que propôs o uso do celular como ferramenta tecnológica mediadora em sala de aula para auxiliar na compreensão de conceitos do universo microscópico, especificamente relacionados ao ensino de isomeria espacial. A partir da pesquisa sobre os aplicativos surgiu a possibilidade de usar os aplicativos *Molecular Constructor* e *ModelAR* para construção virtual de moléculas também como forma de recurso para compreensão da isomeria espacial.

Uma possível continuação desse trabalho poderia ser uma avaliação de seu contexto em sala de aula ou uma avaliação mais aprofundada nos erros conceituais que alguns aplicativos apresentaram e que não foi abordado em nenhum trabalho da revisão de literatura.

A partir da revisão de literatura, os pesquisadores apontaram que é fundamental que os docentes tenham maior compreensão e conhecimento dessas ferramentas tecnológicas, pois, mesmo que para muitos estudantes a interação com a tecnologia móvel seja maior, a mediação do professor junto aos saberes pedagógicos e da química são fundamentais. Apesar das grandes evoluções tecnológicas nos variados âmbitos da sociedade, a educação escolar ainda é uma área defasada frente a esses avanços, visto que há resistência por parte de muitos docentes e pouco incentivo nos programas de formação de professores para o uso de recursos tecnológicos.

A partir de uma inclusão do mundo digital, em que os estudantes estão diretamente presentes, espera-se que os conteúdos nas aulas de química alcancem uma maior compreensão gerando um maior interesse e participação mais ativa dos estudantes, tornando o ambiente escolar mais próximo de sua realidade digital.

Faz-se necessário que o professor, particularmente de química, esteja aberto a se adaptar às novas exigências, provocadas pela maior inserção das TDIC na educação, e se desprenda do ensino apoiado numa proposta acabada, dogmática e acrítica, identificando, junto com os estudantes, a função social da ciência. Esse é apenas um dos motivos pelos quais a educação atual precisa se renovar para atender os jovens estudantes dessa nova geração.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, Lucas; TREVISAN, Thiago. B.; FILHO, Pedro. L. P.; SCHUTZ, Fernando; SILVA, Hamilton. P. Estudo de realidade aumentada através da biblioteca ARTOOLKIT. **Recit**: Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia, v. p.24-27, 2013. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/recit/article/view/140/pdf>. Acesso em: 20 maio 2019.

ALMEIDA, Maria E. B. Prática e formação de professores na integração de mídias. Prática pedagógica e formação de professores com projetos: articulação entre conhecimentos, tecnologias e Mídias, p. 39-45. In: ALMEIDA, Maria E. B. (Org.). **Integração das Tecnologias na Educação**. Brasília: Ministério da Educação, Seed, 2005.

ALMEIDA, Sérgio H.; SILVA, Carlos C. Contribuições da Realidade Aumentada para o Ensino de Química no ensino médio do IFG câmpus Jataí. In: XIV Semana da licenciatura V seminário da pós-graduação em educação para ciências e matemática, 14, 2017, Jataí. **Anais [...]**. Jataí: Anais da Semana de Licenciatura, 2017. v. 1, p. 253-267. Disponível em: <http://revistas.ifg.edu.br/semlic/article/view/596>. Acesso em: 23 jan. 2022.

BAGATIN, Olga; SIMPLÍCIO, Ibanez; SANTIN, Silvana M. O.; SANTIN FILHO, Ourides. Rotação da luz polarizada por moléculas quirais: uma abordagem histórica com proposta de trabalho em sala de aula. **Química Nova na Escola**: História da Química, n. 21, p. 34-38, maio 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc21/v21a07.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2022.

BALANSKAT, Anja; BLAMIRE, Roger; KEFALA, Stella. **The ICT Impact Report: A review of studies of ICT impact on schools in Europe**, 2006.

BRUICE, Paula. Y. **Química Orgânica**. 4. ed. v.1. São Paulo: Pearson. 2006.

CACHAPUZ, António; GIL-PEREZ, Daniel; CARVALHO, Anna M.; PRAIA, João; VILCHES, Amparo. **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAMACHO, Mar.; LARA, Tíscar. **M-learning en España, Portugal y América Latina**, Noviembre de 2011. Monográfico SCOPEO, nº 3. Disponível em: <http://scopeo.usal.es/wp-content/uploads/2013/04/scopeom003.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2022.

CARVALHO, Wellington; GUIMARÃES, Ádria S. Desinformação, Negacionismo e Automedicação: a relação da população com as drogas “milagrosas” em meio à pandemia da COVID-19. **Revista Interamericana de Medicina e Saúde**, v. 3, ago 2020. Disponível em: <https://www.iajmh.com/iajmh/article/view/147>. Acesso em: 20 fev 2022.

CETIC. Centro de Estudos Sobre as Tecnologias da Informação e da Comunicação. **Resumo Executivo**, 2020. Disponível em: https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/20211124200731/resumo_executivo_tic_eduacao_2020.pdf. Acesso em: 09 dez 2021.

CORREIA, Maria E. A.; FREITAS, Juliano C. R.; FREITAS, Jucleiton J. R.; FREITAS FILHO, João R. Investigação do Fenômeno de Isomeria: Concepções Prévias dos Estudantes do Ensino Médio e Evolução Conceitual. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 02, n. 12, p. 83-100, ago. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/vY57ZDvg6DZrJV69BxBgdYc/abstract/?lang=pt> . Acesso em: 24 fev. 2022.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José A.; PERNAMBUCO, Marta M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

DIONÍZIO, Thais P.; SILVA, Felipe P.; DIONÍZIO, Dillyane P.; CARVALHO, Denis M. O Uso de Tecnologias da Informação e Comunicação como Ferramenta Educacional Aliada ao Ensino de Química. **Ead em Foco**, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 1-15, 27 dez. 2019. Fundação CECIERJ. Disponível em: <https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/809>. Acesso em: 24 fev. 2022.

FARAUM JUNIOR, David P.; CIRINO, Marcelo M. A utilização de tecnologias no ensino de química: um olhar para a formação inicial. In: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (ENEQ), 18, 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Eneq, 2016. p. 1-10. Disponível em: <https://www.eneq2016.ufsc.br/anais/listaresumos.htm>. Acesso em: 07 fev. 2022.

FERREIRA, Lucas C; SANTOS, Alcides L. Realidade virtual e aumentada: um relato sobre a experiência da utilização das tecnologias no ensino de química. **Scientia Naturalis**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 367-376, 7 maio 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/3599>. Acesso em: 09 fev. 2022.

FURTADO, Priscila; NUNES, Renata. O uso da realidade virtual no processo de ensino-aprendizagem da reação de combustão: **Revista Ciências & Ideias**, v. 12, p. 175-190, abr. 2021. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/1319>. Acesso em: 07 dez. 2021.

GIL, Antonio C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

GIORDAN, Marcelo. Simulação e visualização na educação em ciências, p. 177-205. In: GIORDAN, Marcelo. **Computadores e Linguagens nas Aulas de Ciências**. Ijuí: Unijui, 2008.

GRANDO, John W.; CLEOPHAS, Maria G. Aprendizagem Móvel no Ensino de Química: apontamentos sobre a realidade aumentada. **Química Nova na Escola**,

[S.L.], v. 43, n. 2, p. 1-7, maio 2020. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160236>. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/prelo/EQM-1-20.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2022.

GOBERT, Janice D. Leveraging technology and cognitive theory on visualization to promote students science. In: John K. Gilbert (Eds.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005. Cap. 5. p. 73-90. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/1-4020-3613-2_6#citeas. Acesso em: 25 fev. 2022.

GONÇALVES, Marluce T. L.; NUNES, João B. C. Tecnologias de informação e comunicação: limites na formação e prática dos professores. In: XXIX Reunião da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, 29, 2006, Caxambu. **Anais [...]** Caxambu: Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Educação (ANPEd), 2006. Disponível em: http://www.radiofaced.ufba.br/twiki/pub/GEC/TrabalhoAno2006/tecnologias_de_informacao.pdf. Acesso em: 02 jan. 2022.

Instituto de Ciência, Tecnologia e Qualidade. Pesquisa – Automedicação no Brasil (2018). Disponível em: <https://www.ictq.com.br/pesquisa-do-ictq/871-pesquisa-automedicacao-no-brasil-2018>. Acesso em: 21 fev. 2022.

JOHNSTONE, Alex H. The development of chemistry teaching: a changing response to a changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

KALIL, André C. Tratamento do COVID-19 - uso de medicamentos off-label, uso compassivo e ensaios clínicos randomizados durante pandemias. **Jama**. v. 323, n. 19, p. 1897–1898, março 2020. Disponível em: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2763802>. Acesso em: 20 fev. 2022

KOTZ, John C.; TREICHEL, Paul M.; WEAVER, Gabriela C. **Química Geral e Reações Químicas**. 6. ed. Brasil: Cengage Learning, 2009.

LAMBACH, Marcelo; LOMAS, Giuliane A. Tecnologias digitais de informação e comunicação para o ensino de química: publicações em periódicos de 2016 a 2021. **Revista Apeduc Journal: Investigação e Práticas em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 87-103, jan. 2021. Disponível em: <https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/issue/view/20>. Acesso em: 15 jan. 2022.

LEITE, Bruno S. **Tecnologias no Ensino de Química: teoria e prática na formação docente**. Curitiba: Appris, 2015.

LEITE, Bruno S. Aplicativos para dispositivos móveis no ensino de astroquímica. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 150–170, 2017. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/1363>. Acesso em: 8 fev. 2022.

LEITE, Bruno S. Aplicativos de Realidade Virtual e Realidade Aumentada para o ensino de Química. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, Brasil, v. 6, p. e097220, 2020. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/972>. Acesso em: 7 fev. 2022.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

LIMA, Érika R. P.; MOITA, Filomena Maria G. S. C. (org.). A tecnologia e o ensino de química: jogos digitais como interface metodológica. In: SOUSA, Robson Pequeno de; MOITA, Filomena M.C. da S. C.; CARVALHO, Ana Beatriz Gomes. **Tecnologias Digitais na Educação**. Campina Grande: Eduepb, 2011. p. 131-154.

MACHADO, Adriano S. **Explorando o uso do computador na formação de professores de ciências e matemática à luz da aprendizagem significativa e colaborativa**. 2012. 194 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/3660/1/2012_dis_asmachado.pdf. Acesso em: 24 fev. 2022.

MACHADO, Adriano S. Uso de softwares educacionais, objetos de aprendizagem e simulações no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 2, p.104-111, maio 2016. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_2/03-QS-76-14.pdf. Acesso em: 24 fev. 2022.

MATOS, Januária F.; PENA, Davi A. C.; PARREIRA, Milena P.; SANTOS, Tamires C.; COURA-VITAL, Wendel. Prevalência, perfil e fatores associados à automedicação em adolescentes e servidores de uma escola pública profissionalizante. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 26, n. 1, p. 76-83, mar. 2018. Fap UNIFESP (SciELO). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cadsc/a/65DK5G5dCrhCsWJZgWXBsmF/?lang=pt>. Acesso em: 15 nov. 2021.

MEDEIROS, Miguel Â. C.; FALCÃO, Gabrielly C.; MACIEL, Gustavo S.; DELFINO, Hemylli M.; PACHECO, Érica B.; SOUZA, Simone S. F.; CHAVARETTE, Fábio Roberto; LIMA, Fernando P. A. Realidade virtual aplicada ao ensino de química. **Brazilian Journal of Development**, [S.L.], v. 7, n. 6, p. 61770-61785, 22 jun. 2021. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n6-518>. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/31735>. Acesso em: 09 fev. 2022.

MELO, Elda S. N.; MELO, João R. F. Softwares de simulação no ensino de química: uma representação social na prática docente. **Educação Temática Digital**, Campinas, v. 6, p.51-63, jun. 2005. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/773>. Acesso em: 24 fev. 2022.

MELO, José R. R.; DUARTE, Elisabeth C.; MORAES, Marcelo V.; FLECK, Karen; ARRAIS, Paulo S. D. Automedicação e uso indiscriminado de medicamentos durante a pandemia da COVID-19. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 2-5, abr. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00053221>. Disponível em: <http://cadernos.ensp.fiocruz.br/csp/artigo/1350/automedicacao-e-uso-indiscriminado-de-medicamentos-durante-a-pandemia-da-covid-19>. Acesso em: 20 fev. 2022.

MERCADO, Luís P. L. **Novas tecnologias na educação**: reflexões sobre a prática. Maceió: EDUFAL, 2002.

MIRANDA, Guilhermina L. Limites e possibilidades das TIC na educação. **Revista de Ciências da Educação**, Lisboa, n. 3, p. 41-50, ago. 2007. Disponível em: <http://sisifo.ie.ulisboa.pt/index.php/sisifo/article/view/60/76>. Acesso em: 07 fev. 2022.

MORAN, JOSÉ M.; MASETTO, Marcos T.; BERHENS, Ilda A. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. 10. ed. Campinas: Papirus, 2006.

MORENO, Esteban L.; HEIDELMANN, Stephany P. Recursos Instrucionais Inovadores para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 1, p.12-18, fev. 2017. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc39_1/04-EQM-17-16.pdf. Acesso em: 24 fev. 2022.

NASCIMENTO, Ayrton M. S.; ARAÚJO, Natália K. S.; LIMA, Jaqueline C. S.; NERI, Patrícia H. L.; VIANA, Kilma S. L. Uso de tecnologia informação e comunicação (TIC's) nas aulas de química no conteúdo de isomeria geométrica. In: V Congresso internacional das licenciaturas, 5., 2018, Recife. **Anais [...]**. Disponível em: https://cointer.institutoidv.org/pdvl/anais_pdvl20182.php. Acesso em: 10 fev. 2022. p. 1-13.

NICHELE, Aline G.; CANTO, Leticia Z. Aplicativos para o ensino e aprendizagem de Química Orgânica. **Renote**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 1-10, 21 ago. 2018. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://dx.doi.org/10.22456/1679-1916.85994>. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/85994>. Acesso em: 08 fev. 2022.

NÚÑEZ, Manuela; QUIRÓS, Ricardo; NÚÑEZ, I.; CARDA, Juan; CAMAHORT, Emílio. Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. **New Aspects of Engineering Education**, 271-277, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/234777537_Collaborative_augmented_reality_for_inorganic_chemistry_education. Acesso em: 24 fev. 2022.

OSBORNE, Jonathan; HENNESSY, Sara. **Literature Review in Science Education and the Role of ICT**: Promise, Problems and Future Directions, Bristol: United Kingdom, 2003.

PNAD Contínua TIC 2018: **Internet chega a 79,1% dos domicílios do país**. Agência IBGE de notícias, 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia->

de-noticias/releases/27515-pnad-continua-tic-2018-internet-chega-a-79-1-dos-domicilios-do-pais. Acesso em: 13, dez e 2021.

PITTA, Marina G. R.; LIMA, Luzilene P.; CARVALHO, Jordy S.; TEIXEIRA, Diego R. C.; NUNES, Tiago Rafael S.; MOURA, José Arion S.; VIANA, Douglas C. F.; PITTA, Ivan R. Análise do perfil de automedicação em tempos de COVID-19 no Brasil. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 10, n. 11, p. 1-14, 22 ago. 2021. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19296> . Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19296>. Acesso em: 21 fev. 2022.

QUEIROZ, Altamira S.; OLIVEIRA, Cícero M.; REZENDE, Flávio S. Realidade Aumentada no Ensino da Química: Elaboração e Avaliação de um Novo Recurso Didático. **Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação**, [S.l.], v. 1, n. 2, mar. 2015. Disponível em: <https://revistas.setrem.com.br/index.php/reabtic/article/view/44>. Acesso em: 09 dez. 2021.

RAUPP, Daniele T.; SERRANO, Agostinho; MOREIRA, Marco A. Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em química. **Experiências em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 4, n. 1, p.65-78, 2009. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/eenci/artigos/Artigo_ID73/v4_n1a2009.pdf. Acesso em: 24 fe. 2022.

RAUPP, Daniele T.; SERRANO, Agostinho; MARTINS, Tales L. C. A evolução da química computacional e a sua contribuição para a educação em química. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 9, p.13-22, jul. 2008.

RAUPP, Daniele T.; DEL PINO, José C. O desafio do ensino de estereoquímica no ensino médio e o papel da visualização. In: Atas do IX Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências - IX ENPEC, 9, 2013, Águas de Lindóia. **Ensino e aprendizagem de conceitos científicos**. São Paulo: Abrapec, 2013. p. 1-8. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R1727-1.pdf. Acesso em: 07 fev. 2022.

ROCHA, Nágila; VASCONCELOS, Ana Karina; NASCIMENTO, Vicente T.; SAMPAIO, Caroline; BARROSO, Maria C. A realidade aumentada como recurso auxiliar para a aprendizagem significativa de geometria molecular. **Research, Society and Development**, v. 10, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/9027/16759/231878>. Acesso em: 24 fev. 2022.

ROLANDO, Luiz G. R.; VASCONCELLOS, Roberta F. R.R.; MORENO, Esteban L.; SALVADOR, Daniel F.; LUZ, Maurício R. M.P. Integração entre internet e prática docente de química. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 864-879, jun. 2015. Disponível em: http://rvq.sbgq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=291. Acesso em: 25 jan. 2022.

SANTOS, Anabela C. S. P. T. **As TIC e o Desenvolvimento de Competências para Aprender a Aprender**. 2007. 408 f. Dissertação (Mestrado em Multimédia em Educação). Curso de Mestre em Multimédia em Educação, Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Portugal, 2007. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/4766/1/2007001184.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2022.

SILVA, Adilson; LUZ, Luciene C. S. O.; PONCIANO, Roberta R.; JESÚS, Sônia F. A inserção das TIC's na escola: uma exigência da sociedade da informação e do conhecimento. In: BIEGING, Patricia; BUSARELLO, Raul I.; ULBRICHT, Vania R. (org.). **Educação no plural**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2016. p. 16-29.

SILVA, Alanis L.; ARAÚJO, Liderlânio A.; LEITE, Lúcia F. C. C. Uma Webquest para promover a Aprendizagem Significativa no ensino de Isomeria Óptica. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 10, n. 8, p. 1-11, 13 jul. 2021. Disponível em: https://redib.org/Record/oai_articulo3334480-uma-webquest-para-promover-a-aprendizagem-significativa-ensino-de-isomeria-%C3%B3ptica. Acesso em: 05 fev. 2022.

SELWYN, Neil. O uso das TIC na educação e a promoção de inclusão social: Uma perspectiva crítica do Reino Unido. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 29, n. 104, p. 815-850, out 2008. Disponível em: <https://www.cedes.unicamp.br/publicacoes>. Acesso em: 20 jan. 2022.

STINGHEN, Regiane S. **Tecnologias na educação: dificuldades encontradas para utilizá-la no ambiente escolar**. 2016. 32 f. (Trabalho de conclusão do curso especialização em educação na Cultura Digital). Programa de pós-graduação em Especialização Educação na Cultura Digital, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/169794/TCC_Stinghen.pdf?sequence=1. Acesso em: 07 fev. 2022.

VASCONCELOS, Flávia C. G. C.; ARROIO, Agnaldo. Explorando as percepções de professores em serviço sobre as visualizações no ensino de química. **Química Nova: Educação**, São Paulo, v. 36, n. 8, p. 1242-1247, maio 2013. Disponível em: http://static.sites.s bq.org.br/quimicanova.s bq.org.br/pdf/Vol36No8_1242_24-ED12968.pdf. Acesso em: 20 jan. 2022.

WU, Hsin-Kai.; SHAH, Priti. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Science Education**, p 465-492, 2004.