



Utilização da impressão 3D no ensino de isomeria espacial

Use of 3D printing in the teaching of spatial isomerism

Utilización de la impresión 3D en la enseñanza del isomerismo espacial

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca¹

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará, Belém/PA, Brasil

Adriana Maria Queiroz Lima²

Professora da Secretaria de Educação do Estado do Pará, Belém/PA, Brasil

Eduardo Zaragoza Ramos³

Professor da Escuela Preparatoria Regional de San Miguel el Alto, Guadalajara, México

Ronilson Freitas de Souza⁴

Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará, Belém/PA, Brasil

Recebido em: 30/08/2024

Aceito em: 31/10/2024

Resumo

Esse estudo teve o objetivo de avaliar uma estratégia didática, que utiliza modelagem e impressão 3D de moléculas para o ensino de isomeria espacial. Os modelos impressos foram aplicados a uma turma do 3º ano do ensino médio de uma escola pública de Belém/PA e previamente avaliados por professores de Química atuantes em escolas públicas. A análise dos dados foi realizada, com base na Análise de Conteúdo, de Bardin. Os resultados indicam que os modelos impressos apresentaram alta qualidade e foram eficazes no ensino da isomeria espacial, evidenciando o potencial da utilização da estratégia neste contexto. Em síntese, o uso de modelos 3D pode ser caracterizado como uma alternativa metodológica importante, quando abordada de maneira lógica, integradora e articulada. Assim, o estudo evidencia o potencial didático da utilização da impressão 3D como recurso pedagógico, demonstrando que esta tecnologia facilita a visualização e a compreensão dos conceitos teóricos de isomeria espacial.

Palavras-chave: Educação básica. Modelagem molecular. Estratégia didática.

Abstract

The objective of this study was to evaluate a teaching strategy that uses modeling and 3D printing of molecules to teach spatial isomerism. The printed models were applied to a 3rd year high school class at a public school in

¹ luizgabrieljonseca047@gmail.com

² adrianaqslima@gmail.com

³ eduardo.zramos@academicos.udg.mx

⁴ ronilson@uepa.br

Belém/PA and previously evaluated by chemistry teachers working in public schools. The data was analyzed using Bardin's Content Analysis. The results indicate that the printed models were of high quality and effective in teaching spatial isomerism, showing the potential of using the strategy in this context. In summary, the use of 3D models can be characterized as an important methodological alternative, when approached in a logical, integrative and articulated manner. The study thus highlights the didactic potential of using 3D printing as a teaching resource, demonstrating that this technology facilitates the visualization and understanding of the theoretical concepts of spatial isomerism.

Keywords: Basic education. Molecular modeling. Didactic Strategy.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar una estrategia de enseñanza que utiliza el modelado y la impresión 3D de moléculas para enseñar el isomerismo espacial. Los modelos impresos fueron aplicados en una clase de 3º de secundaria de una escuela pública de Belém/PA y previamente evaluados por profesores de Química que trabajan en escuelas públicas. Los datos se examinaron mediante el Análisis de Contenido de Bardin. Los resultados indican que los modelos impresos fueron de alta calidad y eficaces en la enseñanza del isomerismo espacial, mostrando el potencial del uso de la estrategia en este contexto. En resumen, el uso de modelos 3D puede caracterizarse como una importante alternativa metodológica, cuando se aborda de forma lógica, integradora y articulada. Así, el artículo destaca el potencial didáctico del empleo de la impresión 3D como recurso de enseñanza, demostrando que esta tecnología facilita la visualización y comprensión de los conceptos teóricos del isomerismo espacial.

Palabras clave: Educación básica. Modelización molecular. Estrategia Didáctica.

Introdução

No que concerne ao ensino de Química, os alunos comumente relatam dificuldades em compreender determinados conceitos desta Ciência. Segundo Braathen (2012), essas dificuldades podem ser atribuídas, em parte, à baixa eficiência das aulas expositivas tradicionais, que muitas vezes não envolvem a participação efetiva do aluno no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, a matriz curricular de Química inclui muitos conteúdos e conceitos carregados de abstrações, caso do assunto de isomeria. Desse modo, Vieira, Meirelles e Rodrigues (2011) relatam que diversos professores preferem privilegiar uma abordagem de memorização destes conteúdos cheios de símbolos, de fórmulas e de regras, atribuindo superficialidade aos conceitos. Em consonância, Raupp, Serrano e Moreira (2009) mencionam que a compressão destes conceitos carece de percepções visuais e de representações físicas, de maneira que a relação entre os níveis macroscópico, microscópico e simbólico acaba sendo negligenciada.

De fato, a Química Orgânica é conhecida pelo estudo do carbono, englobando estruturas simples, que podem ser compreendidas com desenhos em 2D, e complexas, que merecem serem destacadas de alguma forma para melhorar sua visualização e sua compreensão. Segundo Grove e Bretz (2012), é importante encontrar maneiras de ajudar o aluno a compreender este tema de forma efetiva.

Dentre os tópicos da Química orgânica, a isomeria ocorre quando diferentes compostos apresentam a mesma fórmula molecular, mas diferem em suas propriedades químicas e na forma como os átomos estão conectados. Costa, Dantas Filho e Moita (2017) sustentam que, apesar de pouco discutidos na área de ensino, os alunos demonstram dificuldades significativas em assimilar os conceitos de isomeria e em visualizar espacialmente os compostos, o que impacta diretamente o desempenho acadêmico. Adicionalmente, Garcia Elizondo *et al.* (2023) revelam que a manutenção da metodologia tradicional de ensino contribui para a ocorrência de dificuldades no aprendizado de isomeria, uma vez que esta favorece a prática de memorização de conceitos, de estruturas e de nomenclaturas de compostos. Os autores ainda ressaltam este ponto da metodologia aplicada pelo professor e expõem que, atrelado a isto, há a falta de recursos nos métodos de ensino-aprendizagem, impossibilitando demonstrações que eventualmente podem auxiliar no processo.

Nessa perspectiva, o ensino de Química, em especial o conteúdo de isomeria, demanda representações visuais e físicas, que possibilitem a contextualização e a visualização de conceitos, com o intuito de mostrar na prática como se estabelece a aplicação das ideias deste conteúdo (Raupp; Serrano; Moreira, 2009). Diante deste cenário, a utilização da modelagem molecular, que, segundo Farias *et al.* (2015), permite a construção de modelos reais, concretos e representativos dos conceitos científicos, emerge como uma solução promissora, e a implementação da abordagem é viabilizada pelos avanços técnico-científicos e tecnológicos dos últimos anos, que têm afetado todos os aspectos da sociedade, inclusive o ambiente escolar. Dessa forma, o questionamento central desta pesquisa é: como a implementação de modelos moleculares impressos em 3D pode facilitar a compreensão dos conceitos de isomeria espacial entre os alunos do ensino médio?

Desse modo, é possível abordar os conceitos de isomeria de maneira integrada aos três níveis de representação, bem como chamar a atenção dos alunos para a utilização de recursos digitais e tecnológicos em seu aprendizado. Assim, o objetivo deste estudo foi o de avaliar a eficácia de uma estratégia didática que utiliza modelagem e impressão 3D de moléculas, para facilitar o ensino de isomeria em uma escola pública.

Referencial teórico

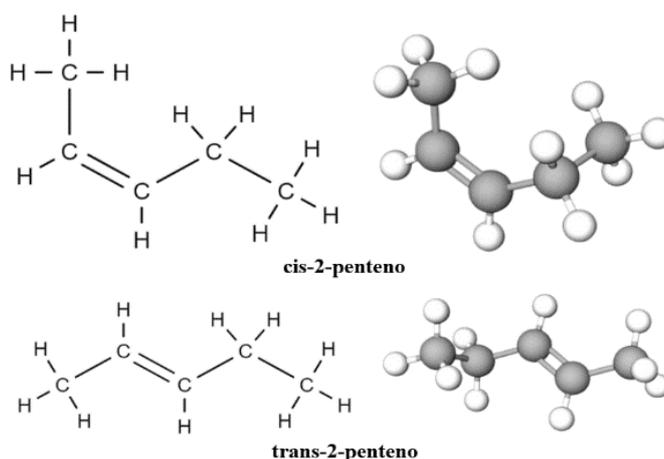
A descrição teórica dos conceitos relacionados à isomeria foi fundamentada na obra *Química*

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza
Orgânica: uma aprendizagem baseada em solução de problemas (Klein, 2017). A estereoisomeria se caracteriza pela existência de compostos, que, embora apresentem fórmulas moleculares e estruturas idênticas, exibem diferentes propriedades físicas e distintos arranjos espaciais, com relação aos átomos, ou seja, diferenciam-se pela organização de suas estruturas. Assim, os isômeros espaciais se dividem entre isômeros geométricos e ópticos.

Também chamada de isomeria *cis-trans*, a isomeria geométrica ocorre exclusivamente com moléculas que possuem ligação dupla ou cíclicas, considerando a orientação dos ligantes, em relação à insaturação (Figura 1).

Figura 1

Isômeros geométricos *cis-trans*

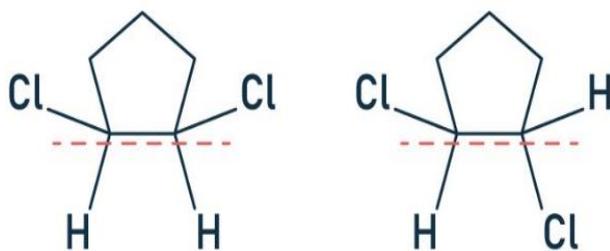


Fonte: autores (2024)

Já os compostos cíclicos podem apresentar isômeros, conforme ilustrado na Figura 2.

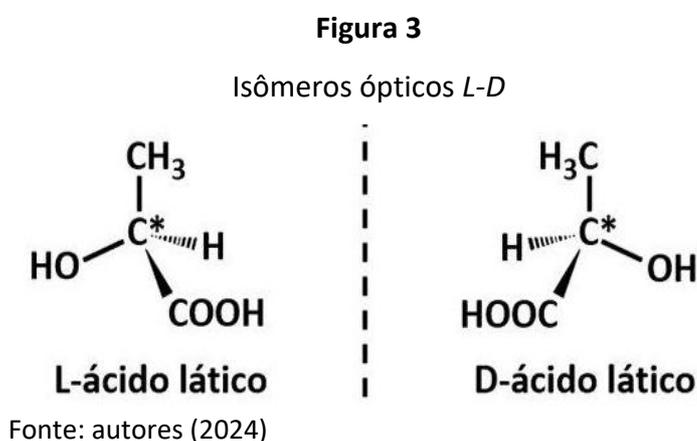
Figura 2

Isômeros *cis-trans* em compostos cíclicos



Fonte: autores (2024)

A isomeria óptica é caracterizada pelo desvio que os compostos químicos apresentam, quando expostos a um plano de luz polarizada. Tal ocorre em compostos assimétricos, ou seja, que não se sobrepõem. Um isômero opticamente ativo, quando submetido à luz polarizada, pode se comportar de duas formas: a luz pode ser desviada nos sentidos horário (+), no caso de substâncias dextrogiras, e anti-horário (-), no caso de compostos levogiros. Quando uma das formas acontece (Figura 3), o composto recebe o nome de enantiômero. As palavras dextrogiro e levogiro vêm do latim *dexter*, “direita” e *laevu*, “esquerda”. Por outro lado, se a luz não for desviada, a atividade óptica da substância é inativa, o que acontece quando há uma mistura equivalente de dextrogira e de levogira, a qual recebe o nome de mistura racêmica (Pavanelli, 2014).



A modelagem 3D para o ensino de isomeria

Segundo Medeiros e Goi (2021), a compreensão da isomeria espacial na Educação básica é extremamente importante, uma vez que seus conceitos se relacionam a fatos do cotidiano dos alunos, o que implica a expansão do senso crítico, na medida em que este conteúdo é abordado em sala de aula. No entanto, há desafios para ensinar este conteúdo, pois existe um apelo visual, demandando recursos didáticos e representações práticas visíveis dos conceitos teóricos (Banegas; Kerr; Ogusucu, 2024). Adicionalmente, Raupp (2015) considera que a complexidade na resolução de problemas no nível tridimensional tem sido considerada uma das principais fontes de dificuldades na aprendizagem deste assunto.

Como potencializador destas dificuldades, Higa e Silva (2022) comentam que é necessário que os alunos desenvolvam habilidades visuoespaciais, a fim de interpretar e de gerar mentalmente as representações estruturais, visando a melhor compreensão do assunto. Nesse âmbito, emerge a modelagem molecular, a qual a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) define como a parte da Química que trata da análise de estruturas e propriedades moleculares, para fornecer uma representação tridimensional de um determinado conjunto de circunstâncias (IUPAC, 1997).

A modelagem molecular tem sido cada vez mais usada em atividades didáticas, pois sua aplicação é ampla e abrangente (Rodrigues, 2012). A partir deste processo, é possível criar modelos, que podem variar dos mais simples, confeccionados com materiais de fácil acesso, como palitos, bolas de isopor e miriti (palmeira nativa do Brasil), aos mais complexos, construídos computacionalmente.

Nesse sentido, a impressão 3D, segundo Lolur e Dawes (2014), ajuda professores a ensinar e alunos a entender a Química de maneira representativa, assim, na tentativa de minimizar as dificuldades mencionadas, o emprego de modelos moleculares em 3D é visto como uma possível estratégia para a divulgação do conteúdo de isomeria, pois possibilita a visualização tridimensional de moléculas, por meio de modelos concretos, reais e táteis, trazendo conceitos teóricos para o plano da representação física.

Seguindo esta linha de raciocínio, a impressão 3D pode ser uma excelente ferramenta, pois a tecnologia, que já existe há bastante tempo, tem mostrado resultados positivos, quando aplicada na Educação. Um exemplo notável é o trabalho de Oliveira, Ferreira e Martins (2022), que destacou as potencialidades da tecnologia 3D, ao construir um modelo anatômico do sistema circulatório por prototipagem em uma escola pública. Os resultados indicaram que o modelo didático contribuiu significativamente para o processo de ensino-aprendizagem, permitindo uma compreensão mais participativa, concreta e interativa do conteúdo. Além disso, a utilização do modelo promoveu a troca de ideias, o compartilhamento de dúvidas e a distribuição de tarefas entre os estudantes, por meio da interação e da manipulação do material proposto.

No ensino de Química, o trabalho de Lima, Ferreira e Souza (2022) destaca o potencial do uso de recursos 3D, combinados à audiodescrição, no aprendizado de Química Orgânica. Os autores avaliaram uma proposta didática que integra estruturas químicas em 3D à audiodescrição, visando facilitar a compreensão de alunos com deficiência visual, e os resultados demonstraram que a abordagem contribuiu significativamente para o processo de ensino-aprendizagem em Química Orgânica, promovendo a compreensão dos conceitos envolvidos nas representações químicas, por meio de

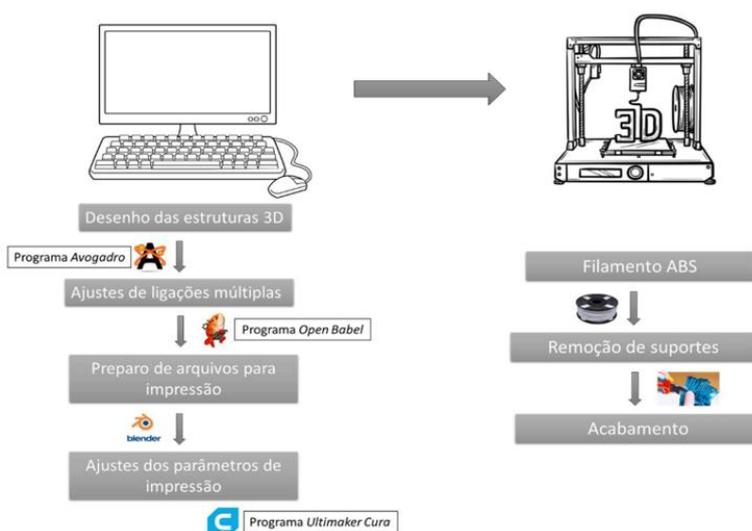
Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza interações e de trocas efetivas com os materiais adaptados.

Processo de construção de modelos 3D

No que concerne ao desenvolvimento de modelos moleculares 3D, o trabalho de Lima, Ferreira e Souza (2022), intitulado *Química orgânica para alunos com deficiência visual: uma estratégia de aprendizagem combinando uso de modelos 3D e audiodescrição*, demonstra um percurso metodológico de construção e de impressão de modelos, sendo aplicado nesta pesquisa, com algumas adaptações, o processo descrito naquele trabalho. Os caminhos de elaboração e de impressão estão colocados na Figura 4.

Figura 4

Etapas dos processos de modelagem, de impressão e de acabamento de moléculas 3D



Fonte: Lima, Ferreira e Souza (2022)

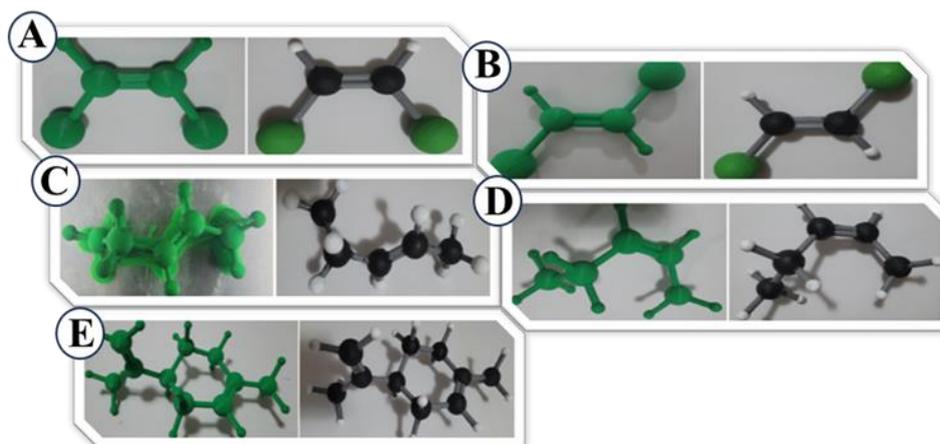
No que tange às adaptações, substituiu-se o *software Avogadro* e o filamento ABS pelo *site MolView.com* e pelo filamento PLA, respectivamente; desse modo, o processo de criação dos modelos envolveu o uso dos *softwares MolView.com*, para o desenho das estruturas moleculares, *Open Babel*, para a conversão dos formatos de arquivo, *Blender 3D*, para o ajuste da geometria; e *Ultimaker Cura*, para a preparação dos modelos para impressão.

Assim, utilizando uma impressora 3D (modelo *Sethi 3D Farm*), disponibilizada pela Universidade do Estado do Pará (UEPA), foram impressos cinco modelos moleculares: cis-1,2-dicloroeteno; trans-1,2-

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza
dicloroeteno; trans-2-penteno; cis-2-penteno; e limoneno, cujas cores de átomos foram padronizadas
como segue: hidrogênio (branco); carbono (preto); e cloro (verde) (Figura 5).

Figura 5

Painel com as cinco moléculas impressas: cis-1,2-dicloroeteno (A); trans-1,2-dicloroeteno (B); trans-2-penteno (C); cis-2-penteno (D); e limoneno (E)



Fonte: autores (2024)

Observando a padronização de cores já mencionada, as moléculas foram pintadas com tinta acrílica fosca, indicada para a pintura artesanal deste tipo de material, e um *spray Tekbond* (modelo *super color*) foi utilizado para ajudar a fixar a pintura nas moléculas.

A utilização de impressões 3D para a confecção de moléculas, ao invés de modelos comerciais de bolas e de varetas, tem vantagens significativas no ensino de Ciências, especialmente para o público docente interessado em práticas inovadoras e personalizadas, uma vez que a impressão 3D permite uma maior flexibilidade na criação de modelos moleculares. Isso inclui a possibilidade de customizar o tamanho e a complexidade das moléculas, ajustando-as para enfatizar características específicas, de acordo com o conteúdo abordado. Professores podem, por exemplo, imprimir moléculas de diferentes conformações para ilustrar estereoisomerismo ou facilitar a visualização de ângulos diedros, que são mais difíceis de explorar com modelos convencionais de bolas e de varetas. Essa personalização ajuda a alinhar os modelos ao plano de ensino, aumentando a compreensão dos alunos sobre conceitos específicos, como o de interações entre ligações (Paukstelis, 2018).

Ademais, ressaltamos que a impressão 3D permite a construção de representações de estruturas mais fiéis, em relação às teóricas (por exemplo, nas impressões de estruturas com triplas ligações e de

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza
cadeias carbônicas em bastão) e a diferenciação de tamanho dos átomos, o que contribui para a percepção das dimensões dos compostos, incluindo alunos com deficiência visual na utilização destes modelos e seguindo a tendência dos tamanhos relativos, considerando as propriedades de raios atômicos dos elementos que compõem a Tabela Periódica.

O custo dos filamentos para impressão é relativamente baixo, tornando viável a criação de múltiplos modelos a custos reduzidos; isso é especialmente relevante em contextos educacionais, em que se deseja que cada aluno manipule seu próprio modelo, durante as aulas, promovendo experiências práticas e imersivas, que os modelos comerciais prontos nem sempre proporcionam. Ressalta-se, ainda, que a impressão 3D também facilita a construção de modelos complexos, que exigiriam muitas peças em *kits* tradicionais. Por exemplo, o *MolPrint3D* permite dividir moléculas grandes em partes menores, otimizadas para impressão, como segmentos de DNA ou biomoléculas, resultando em modelos detalhados, que os alunos podem montar e explorar. Esse recurso facilita a compreensão de estruturas moleculares complexas, benefício que os modelos comerciais não conseguem oferecer na mesma medida (Paukstelis, 2018).

Scalfani e Vaid (2014) também destacam que, durante o processo de fabricação de modelos moleculares em 3D, elimina-se o processo de combinação aditiva de peças individuais, como esferas e hastes, pois, por meio da impressão 3D, as moléculas passam a ser criadas em uma única peça, diretamente do arquivo digital, simplificando o método de fabricação de modelos moleculares.

Assim, Leite (2020) sugere que o professor realize atividades com estes recursos como forma de contribuir para o processo de ensino-aprendizagem, mas ressalta que estas atividades não podem ser vistas como uma solução para todos os problemas de ensino da Química; ambas as possibilidades têm pontos positivos e negativos, que devem ser considerados, dentro da realidade de cada contexto escolar.

Ao longo das etapas, observou-se que os processos deveriam ser feitos de maneira centrada e correta, uma vez que um descuido poderia comprometer o andamento do trabalho. Niece (2019) alerta para este cuidado, comentando que o resultado de uma impressão 3D está intimamente relacionado ao procedimento de desenvolvimento, de maneira que um bom efeito indica que o percurso até a impressão foi realizado de forma correta e eficiente.

Destacando o que foi feito nos programas utilizados de forma detalhada, os arquivos das moléculas foram inicialmente obtidos no *site MolView.com.*, em que é possível visualizar tridimensionalmente as moléculas, conhecidas através das suas nomenclaturas, gerados em formato *mol*

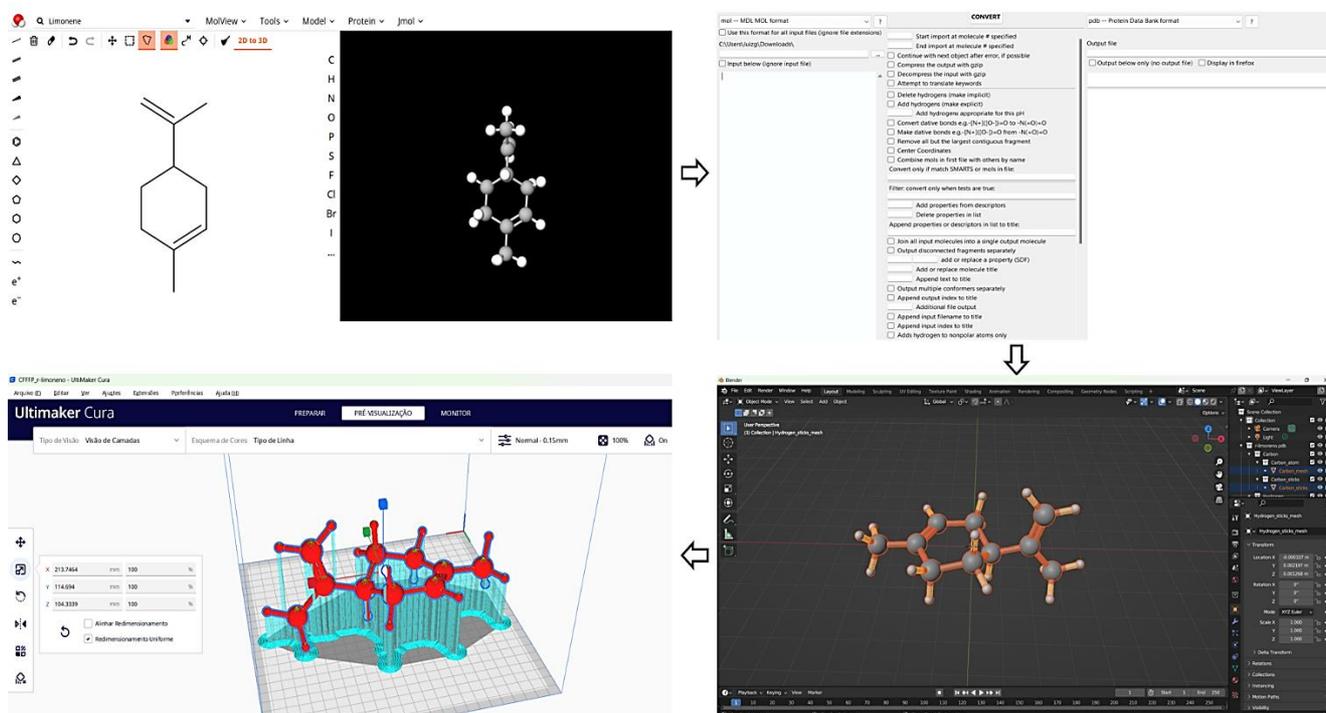
Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza *file*. De acordo com o referencial adotado, os arquivos em *mol file* precisaram ser modificados para o tipo *Protein Data Bank* (.pdb), preservando as características tridimensionais das moléculas. Para fazer esta modificação, utilizou-se o *software Open Babel*, especializado na conversão de arquivos químicos.

Realizada a alteração, os arquivos foram importados individualmente para o *software Blender 3D*, programa de código aberto usado para fins de modelagem e de escultura digital, entre outros. Algumas configurações foram feitas, ao importar o arquivo, caso do fator de escala para bolas, que foi alterado para 0,5. O modelo de bolas e de varetas escolhido foi do tipo *Mesh*, com os parâmetros: setor 20; raio 0,1; e unidade 0,05, preservando o tipo *duplivers*. Feitos os ajustes, os arquivos foram salvos no formato *Standart Tesselation Language* (.stl), indicado para abrir os arquivos no fatiador de impressão.

Subsequentemente, os arquivos foram importados no programa *Ultimaker Cura*, com ajustes dos parâmetros de impressão como qualidade, de tamanho, de temperatura, de preenchimento, de resolução de camada, de suporte e de velocidade de impressão. Na Figura 6, observa-se o caminho percorrido entre os *softwares* utilizados.

Figura 6

Processos de modelagem e de impressão da molécula de limoneno



Fonte: autores (2024)

Seguindo este processo, as moléculas foram impressas e, após, levadas para avaliação, por três professores de Química atuantes na rede pública de Belém/PA, a fim de identificar aspectos positivos e negativos das impressões, no âmbito do ensino de isomeria, sendo posteriormente aplicadas em uma escola estadual de Belém/PA, no contexto do conteúdo em questão.

Metodologia

Essa pesquisa é de caráter qualitativo, definida por Martins (2004) como aquela que privilegia a análise de microprocessos, através do estudo de ações sociais individuais e grupais, realizando um exame intensivo dos dados, caracterizado pela heterodoxia no momento da análise. A sequência metodológica adotada nesta pesquisa teve quatro momentos: seleção dos professores participantes da pesquisa; avaliação dos modelos 3D, pelos professores selecionados; aplicação dos modelos em sala de aula; e análise de dados.

No primeiro momento, realizou-se a seleção dos professores para avaliar as moléculas impressas. Os três professores foram escolhidos com base nos seguintes critérios: estar atuando em uma escola pública; ter pelo menos cinco anos de experiência no ensino de Química no ensino médio; demonstrar interesse em integrar novas tecnologias em suas práticas pedagógicas; e não pertencer à mesma escola — esses critérios foram estabelecidos para que houvesse um padrão na seleção, isto é, para que os professores não fossem escolhidos aleatoriamente. Ademais, a avaliação prévia dos modelos 3D, pelos professores, objetivou a identificação de aspectos positivos e negativos das moléculas, destacados por profissionais que trabalham o conteúdo de isomeria há algum tempo e que costumam ou possuem interesse em utilizar recursos e propostas didáticas alternativas em suas aulas.

Como referido, os modelos foram submetidos a avaliação, por parte dos professores selecionados, através de um questionário estruturado (Tabela 1), para avaliar a qualidade (textura, acabamento, geometria, ângulos, comprimento das ligações) e a aplicabilidade dos modelos no ensino de isomeria espacial.

Tabela 1

Questionamentos feitos aos professores acerca dos modelos impressos

Indicação	Questionamento
Q1	Como você avalia a qualidade (textura, acabamento, geometria, ângulos, comprimento das ligações) dos modelos? Excelente, bom, regular ou ruim?
Q2	Você acha que os modelos podem ser utilizados em sala de aula para o ensino de isomeria? Comente.
Q3	Você considera que é possível observar as diferenças entre os isômeros impressos em 3D? Comente.

Fonte: Elaborado pelos autores

Subsequentemente, aplicou-se uma intervenção pedagógica em uma turma de estudantes do 3º ano do ensino médio de uma escola pública de Belém, Pará, Brasil, escolhida por ser, no momento da pesquisa, o local de estágio de um dos autores deste trabalho — frise-se os professores responsáveis pela avaliação dos modelos 3D impressos não apresentam qualquer relação com a escola. Ao todo, vinte e cinco alunos participaram da aplicação, cuja inclusão na pesquisa atendeu ao critério de ser aluno matriculado na série referida da escola em tela e a exclusão, aos seguintes: i) Não participar de alguma etapa da sequência didática proposta na pesquisa por qualquer motivo; ii) Não assinar o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), acompanhado da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), pelo responsável — critérios vistos como um compromisso com os aspectos éticos da pesquisa.

Para a aplicação em sala de aula, feita por um dos autores deste trabalho, foi elaborado um plano de aula, que organizou a intervenção pedagógica em quatro aulas (duas, na primeira semana e duas, na segunda). Nas duas aulas iniciais, de 50 minutos cada, o foco foi a isomeria espacial geométrica (cis-trans), com uma introdução teórica, seguida da exploração dos modelos 3D correspondentes; em seguida, os alunos foram divididos em grupos e convidados a identificar o tipo de isomeria nas moléculas impressas disponibilizadas para o grupo. Na segunda semana, também com duas aulas de 50 minutos cada, abordou-se a isomeria espacial óptica (R/S), e os alunos, novamente em grupos, analisaram os modelos, para diferenciar os isômeros ópticos. Nas aulas, os modelos foram expostos pelo docente e manipulados pelos alunos. Ao final da intervenção, foi aplicado um questionário, contendo duas perguntas, buscando avaliar a compreensão e as percepções dos alunos sobre o uso de modelos 3D em seus aprendizados (Tabela 2).

Tabela 2

Perguntas feitas aos alunos acerca da intervenção em sala de aula

Indicação	Questionamento
Q1	A partir dos modelos impressos, você conseguiu identificar e diferenciar os isômeros?
Q2	Você acredita que o ensino de isomeria espacial se torna mais acessível com a utilização das moléculas 3D como recurso didático?

Fonte: Elaborado pelos autores

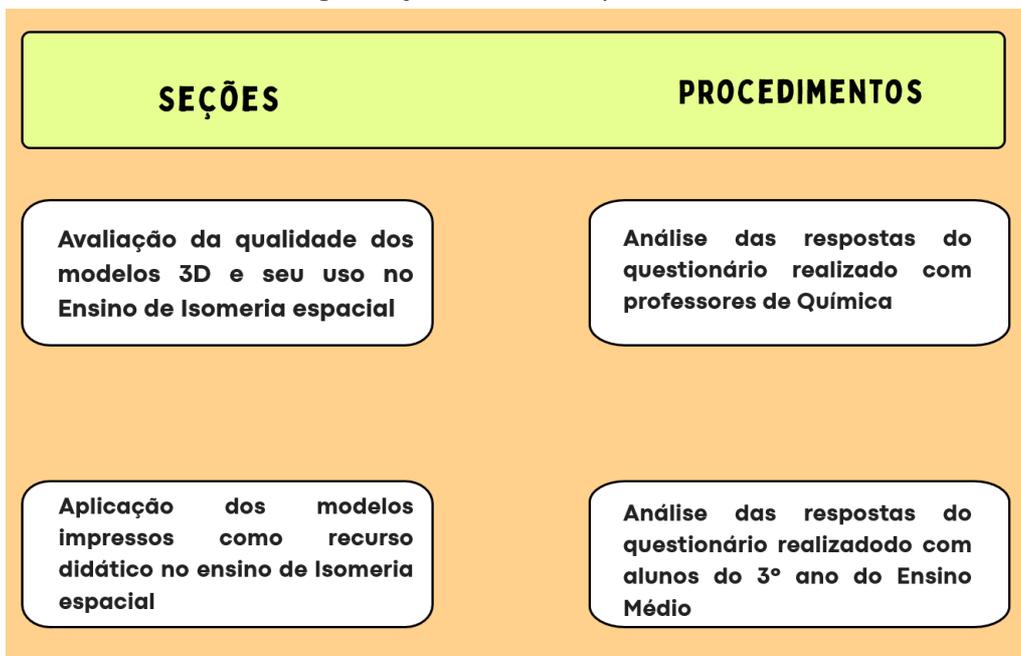
O quarto momento se refere à análise dos dados, conduzida com o auxílio da Análise de Conteúdo, de Bardin (2011), que compreende três etapas: a pré-análise, que envolve a leitura geral e a sistematização do material coletado; a exploração do material, em que os dados são codificados e classificados em categorias temáticas; e o tratamento dos resultados, que consiste na análise comparativa entre as categorias, ressaltando suas semelhanças e diferenças, e na elaboração das categorias finais.

Resultados e discussão

Com os dados coletados, organizou-se a sua análise, conforme a Figura 7.

Figura 7

Organização dos dados, para análise



Fonte: autores (2024)

Avaliação da qualidade dos modelos 3D e do uso destes no ensino de isomeria espacial

Para a análise dos dados obtidos com os professores, duas categorias foram definidas *a priori*: avaliação da qualidade de impressão dos modelos; e avaliação do uso de modelos 3D no ensino de isomeria.

Avaliação da qualidade de impressão dos modelos

Analisando os dados coletados nos questionários dos professores, observou-se que os três foram unânimes em suas respostas à primeira pergunta: a qualidade (textura, acabamento, geometria, ângulos, comprimento de ligações, cores utilizadas) dos modelos foi considerada “boa”. Através das respostas, pode-se perceber que, quando se estabelecem padrões adequados de modelagem e de impressão de moléculas 3D, o resultado é satisfatório, como aponta Niece (2019).

Quanto a isto, Tasker (2005, p. 195, tradução própria) afirma que “[...] as animações de nível molecular são recursos de aprendizado atraentes e eficazes, mas devem ser pensadas com grande cuidado para evitar gerar ou reforçar equívocos”. Nesse sentido, Ramos e Serrano (2015) colocam que é impossível criar um modelo molecular perfeito e que, por si só, a modelagem molecular não é a salvação para o ensino, porém, se o professor souber utilizá-la, ela pode se tornar uma grande aliada, sobretudo em se tratando de assuntos abstratos.

Adicionalmente, os parâmetros de qualidade foram avaliados como “bons”, pelos professores, o que permite inferir o potencial positivo do uso de moléculas 3D no processo educativo, uma vez que favorece a criação de objetos complexos, como figuras geométricas, moléculas, células, construções ou outras peças, que se deseje elaborar. Outrossim, Palaio, Almeida e Patreze (2018) relatam que modelos físicos vêm sendo utilizados para auxiliar a formação conceitual de alunos de forma pedagógica, materializando a imagética abstrata das representações químicas.

Moléculas químicas feitas com bolas de isopor e palitos de madeira (Barbosa, 2015), com gesso (Freitas *et al.*, 2008), com resina (Brendler *et al.*, 2014) e com plástico (Schelbel, 2015) são alguns dos exemplos encontrados na literatura, no entanto o uso de modelagens 3D, de utilização ainda recente como recurso didático, mostra-se promissor, em comparação às representações citadas, que se desgastam facilmente e que possuem montagem definitiva e falhas de representação.

Avaliação do uso de modelos 3D no ensino de isomeria espacial

A partir do Q2, os questionamentos foram respondidos de forma discursiva, pelos professores, que apontaram que os modelos impressos são representações precisas dos modelos 2D. Além disso, foi comentado que são poucas as representações encontradas, que exemplificam os isômeros espaciais de maneira tridimensional.

“Na minha visão, os modelos podem sim ser utilizados em sala de aula para o ensino de isomeria. Eles são representações precisas na forma tridimensional de modelos 2D” (informação verbal de P1).

“Acredito que esses modelos podem ser utilizados em sala de aula, inclusive eu mesmo gostaria de usá-los. Meus alunos têm grande dificuldade em isomeria e dificilmente veem representações desse tipo. Acredito que essas moléculas possam facilitar a compreensão e visualização dos conceitos de isomeria” (informação verbal de P2).

“Sim, os modelos podem ser utilizados em sala de aula para o conteúdo de isomeria. Poucas são as representações desse tipo de molécula. Acredito que faz toda a diferença esse tipo de visualização. Acredito que não só podem, mas como devem ser utilizados” (informação verbal de P3).

A partir destas respostas, observa-se o interesse dos professores em utilizar as moléculas 3D como recurso didático no âmbito dos conteúdos de isomeria. Isso corrobora o colocado por Xavier, Santos e Mesquita (2018), que mencionam que, em meio a uma realidade de avanços tecnológicos, cabe ao docente se atualizar, aprender, desenvolver e criar métodos e materiais necessários para ajudar na compreensão de determinado conceito.

No terceiro questionamento, os três professores consideraram possível observar as diferenças entre os isômeros, a partir dos objetos impressos.

“É nítida a diferença entre o modelo do cis-1,2-dicloroeteno e o trans-1,2-dicloroeteno. Quando se coloca lado a lado é melhor ainda nesse sentido. É fácil perceber que se trata de um isômero espacial geométrico. Os alunos vão conseguir visualizar tranquilamente” (informação verbal de P1).

“Sim, é bem perceptível a diferença entre os dois isômeros. Os alunos conseguem associar quando os átomos estão no mesmo plano ou do lado oposto” (informação verbal de P2).

“Sim, a diferença entre o cis e trans é visível. O tamanho das moléculas também facilita essa visualização” (informação verbal de P3).

A comparação é determinante para a compreensão de compostos isômeros, pois identificar e diferenciar os isômeros é um grande desafio no ensino de isomeria. Nesse sentido, Teixeira, Santos e Graebner (2019) relatam a importância de o professor ser criativo, encontrando maneiras novas e

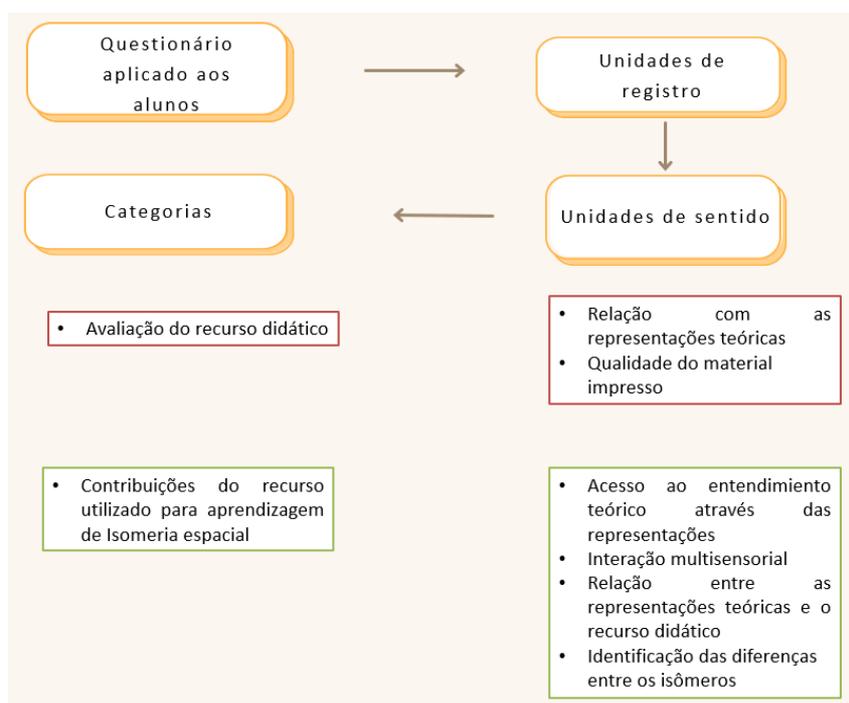
Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza interessantes de abordar conceitos e conteúdos que exigem atenção. Ao analisar as respostas, evidencia-se a grande aceitação dos modelos tridimensionais impressos, por parte dos professores.

Aplicação dos modelos impressos como recurso didático no ensino de isomeria espacial

As respostas dos alunos ao questionário de avaliação produziram categorias, resultantes da transcrição e do isolamento das unidades de registro (respostas dos alunos), seguidas da identificação e do agrupamento de respostas comuns dos alunos (unidades de sentido). A Figura 8 apresenta a esquematização de formação das categorias.

Figura 8

Esquema de obtenção das categorias, a partir das unidades de sentido isoladas nas narrativas dos alunos



Fonte: autores (2024)

Avaliação do recurso didático

De maneira geral, a Química é concebida, pelos estudantes, como uma Ciência com temas complexos e de certa forma abstratos, que geralmente são representadas por fórmulas e suas nomenclaturas. Por si só, isso acaba tornando o papel do professor ainda mais desafiador, uma vez que é

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza

necessário que o docente encontre estratégias didáticas, que possam melhorar o aprendizado deste conteúdo em ambiente de sala de aula.

Nesse sentido, o uso de modelos moleculares impressos gera representações físicas e mentais, podendo melhorar o entendimento e a aprendizagem dos conteúdos ensinados. Além disso, faz-se necessário que o professor esteja atento aos diversos recursos didáticos, que possibilitam a evolução do processo de ensino-aprendizagem (Leite, 2020). Entretanto, sabemos de que a implementação e o acesso de professores a impressoras 3D são limitados, principalmente nas escolas públicas do Brasil, visto que se trata de uma tecnologia que exige investimento financeiro, assim a criação e a divulgação de propostas educacionais que utilizam impressoras 3D permitem que educadores e alunos explorem conceitos complexos de formas prática e tangível, como a construção de modelos para o estudo de isomeria. Essas propostas, quando bem documentadas e compartilhadas em eventos científicos e em plataformas digitais, podem sensibilizar gestores e potenciais investidores, quanto aos benefícios pedagógicos da impressão 3D, dessa forma o sucesso de tais iniciativas pode servir como argumento para justificar investimentos públicos na aquisição de impressoras 3D para escolas, contribuindo para a inovação e para a equidade tecnológica no ensino público.

Analisando as respostas ao Q1, definiu-se a categoria “Avaliação do recurso didático”. Os alunos foram unânimes em afirmar que “sim”; que foi possível observar as diferenças entre os isômeros. As respostas permitiram inferir que, quando há elementos capazes de mostrar na prática os conteúdos que estão sendo estudados de maneira teórica, o ensino acaba sendo mais atrativo e eficiente. Apresentando os modelos e os utilizando para o ensino de isomeria espacial, os discentes se mostraram mais interessados e curiosos, logo se verifica a necessidade da utilização de formas alternativas, relacionadas ao ensino de Química, com o intuito de despertar o interesse e a importância dos conceitos químicos presentes nos currículos escolares (Carneiro; Rangel; Lima, 2011).

Contribuições do recurso utilizado na aprendizagem de isomeria espacial

No segundo questionamento, foi indagado se o ensino de isomeria espacial foi mais efetivo aos alunos, mediante a utilização dos modelos tridimensionais impressos, com o que toda a turma concordou, assim surgiu a categoria “Contribuições do recurso utilizado para o ensino de isomeria”.

“É possível visualizar através das moléculas as características dos compostos isômeros”
(informação verbal de A1).

“Sim, usar modelos 3D ajuda na visualização e compreensão de como as moléculas estão arranjadas no espaço” (informação verbal de A2).

“Os modelos podem ser utilizados para o ensino de isomeria espacial. São exemplos que podemos tocar e manipular, o que ajuda na compreensão dos conceitos” (informação verbal de A3).

Analisando algumas respostas, podemos observar que os alunos conseguiram visualizar as características dos compostos isômeros, o que causa um efeito positivo na compreensão dos conceitos. Isso indica que o recurso didático possibilitou um aprendizado efetivo, contextualizado e articulado entre teoria e prática. Ademais, é possível inferir que as moléculas impressas contribuíram para o ensino de isomeria espacial.

Por meio dos modelos 3D, os alunos conseguiram visualizar na prática os conteúdos vistos de maneira teórica, observando as diferenças entre os isômeros apresentados e destacando aspectos comparativos. Nesse sentido, o uso de materiais manipulativos como modelos serve de representação para gerar uma imagem mental, possibilitando a manipulação, a visualização e a construção de significados (Leite, 2020).

Ademais, Farias *et al.* (2015) comentam que o entendimento de Química exige muito da percepção visual, na medida em que as explicações fornecidas para os fenômenos macroscópicos são construídas por propostas, que envolvem interações entre moléculas, átomos e partículas subatômicas. Assim, o uso de moléculas 3D pode contribuir para a percepção da relação entre os níveis macroscópico, microscópico e simbólico, a qual a BNCC considera importante para o processo de ensino-aprendizagem de Ciências, oferecendo momentos de investigação e exercitando e ampliando as curiosidades dos alunos (Brasil, 2018).

A impressão 3D tem se destacado na Educação, pois os modelos tridimensionais representam um sistema figurativo, que reproduz a realidade de forma concreta, tornando-a mais assimilável e compreensível ao aluno. Aprender fazendo e/ou construindo torna o processo de aprendizagem mais ativo; ao contrário de metodologias que têm caminhos fixos na reprodução e na repetição de conceitos (Almeida; Wunsch; Martins, 2022).

Pela forma como a Química vem sendo ministrada na Educação básica, é necessário criar maneiras e alternativas diferentes para impulsionar o ensino desta Ciência, que é muitas vezes mal interpretada, justamente por se manter na improdutiva metodologia tradicional (Teixeira; Meirelles; Rodrigues, 2019). Seguindo esta linha de raciocínio, a aprendizagem de Química requer habilidades visuais e espaciais, que permitam a construção de modelos mentais de estruturas moleculares, além de representações que

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza
possibilitem manipulá-las e expressá-las.

Considerações finais

Os achados deste estudo destacam o potencial das tecnologias, especificamente a modelagem e a impressão 3D de moléculas, como ferramentas eficazes para o ensino de isomeria espacial, isto é, a presente pesquisa demonstrou que a utilização de modelos tridimensionais contribuiu significativamente para a compreensão dos conceitos de isomeria, por parte dos alunos.

Os professores e os alunos envolvidos na pesquisa concordaram com o fato de que os modelos 3D melhoram a visualização e a distinção entre isômeros, tornando o ensino mais acessível e interessante, pois os modelos servem como recursos palpáveis, que podem ser manipulados, facilitando a construção de modelos mentais precisos e o entendimento de conceitos abstratos, tradicionalmente difíceis de ensinar e de aprender.

As implicações práticas deste estudo são claras: a integração de tecnologias digitais no ensino de Química pode melhorar a compreensão dos alunos e também aumentar o interesse e a participação destes nas aulas, apresentando-se como alternativa a ser aplicada em sala de aula, pelo professor, criando momentos de participação, de envolvimento, de exercício prático entre os alunos e instigando a curiosidade e o interesse destes pelos conhecimentos científicos e pelas novas tecnologias. Para os professores, isso exige uma adaptação à realidade tecnológica atual, superando a metodologia convencional e abraçando novas abordagens, que aproveitem os recursos disponíveis.

Finalmente, os resultados obtidos permitiram avaliar a eficácia dos modelos impressos em 3D no ensino de isomeria espacial, destacando as potencialidades e as limitações da abordagem. Futuras pesquisas devem explorar o impacto do uso de modelos 3D no desempenho dos alunos no longo prazo, combinado a outras estratégias didáticas. Também seria valioso investigar a aplicação destes modelos em outros tópicos da Química e das outras disciplinas, ampliando o entendimento sobre como as tecnologias emergentes podem transformar a educação.

Nesse sentido, o uso de impressoras 3D no ensino de Ciências, especialmente na área de Química, traz promessas significativas, mas também levanta questões sobre a acessibilidade a novas tecnologias. Em um contexto ideal, a impressão 3D permite a criação de modelos tridimensionais, que facilitam a compreensão de estruturas moleculares complexas e de conceitos, que são muitas vezes abstratos para

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza os alunos, no entanto a adoção desta tecnologia enfrenta desafios práticos: a maioria dos professores de Ciências das escolas públicas ainda têm pouco acesso a equipamentos e prescinde da formação necessária para operar e para integrar a impressão 3D a suas práticas didáticas, reforçando desigualdades, ao privilegiar instituições que já possuem maior suporte tecnológico.

Assim, esperamos que este trabalho possa contribuir para que novas pesquisas na área sejam realizadas, possibilitando que o uso de impressoras 3D possa ser difundido em instituições públicas de ensino e integrado a currículos, que valorizem a construção e a análise crítica de modelos, além da simples reprodução visual, para que a tecnologia seja realmente uma aliada no ensino e na aprendizagem de Ciências.

Referências

ALMEIDA, Anselmo Daniel Campos; WUNSCH, Luana Priscila; MARTINS, Emanuele Bittencourt. Aprendizagem criativa e a educação maker: análise de boas práticas. **Dialogia**, n. 40, p. e21067-e21067, 2022.

BANEGAS, Rodrigo; KERR, Daniel; OGUSUCU, Renata. O uso da impressão 3D no ensino de ciências: aplicação em oficinas interdisciplinares. **CONTRAPONTO: Discussões científicas e pedagógicas em Ciências, Matemática e Educação**, v. 5, n. 8, p. 77-89, 2024.

BARBOSA, Eduardo Fernandes. Proposta de um modelo de simulação de análises de espectrometria de massa para aulas práticas de bioquímica no ensino superior. **Revista de Ensino de Bioquímica**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 37-53, 2015.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2011.

BRENDLER, Clariana Fisher; VIARO, Felipe Schneider; BRUNO, Fernando Batista; TEIXEIRA, Fabio Gonçalves; SILVA, Regio Pierre da. Recursos didáticos táteis para auxiliar a aprendizagem de deficientes visuais. **Educação gráfica**, v. 18, n. 3, p. 141-157, 2014.

BRAATHEN, Per Christian. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de Química. **Revista Eixo**, v. 1, n. 1, p. 63-69, 2012.

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

CARNEIRO, Fernando José Costa; RANGEL, José Hilton Gomes; LIMA, Joselia Maria Ribeiro. Construção de Modelos Moleculares para o ensino de química utilizando a fibra de buriti. **Acta Tecnológica**, v. 6, n. 1, p. 17-26, 2011.

Instrumento: Rev. Est. e Pesq. em Educação, Juiz de Fora, v. 26, Artigos, e-45813, 2024

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza

COSTA, Carlos Helaidio Chaves; DANTAS FILHO, Francisco Ferreira; MOITA, Filomena Maria Gonçalves Silva Cordeiro. Marvinsketch e kahoot como ferramentas no ensino de isomeria. **Holos**, v. 1, p. 31-43, 2017.

FARIAS, Florence M. C; DEL-VECCHIO, Renata R; CALDAS, Fernanda Regina R; GOUVEIA_MATOS, João Augusto M. Construção de um modelo molecular: uma abordagem interdisciplinar Química-Matemática no ensino médio. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, p. 849-863, 2015.

FREITAS, Lessandro Augusto Martins de; BARROSO, Hédila Fabiane Dutra; RODRIGUES, Humberto Gabriel; AVERSI-FERREIRA, Tales Alexandre. Construção de modelos embriológicos com material reciclável para uso didático. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 91-97, 2008.

GARCIA ELIZONDO, Alberto; ORTIZ BAUTISTA, Angel Tlacaclael; POMPA MANSILLA, Maura; GIMENO, Miquel; GARCIA-ARRAZOLA, Roeb. Laboratorio Creador 3D: una propuesta para enseñar, aprender y disfrutar de ciencias químicas con impresión en tres dimensiones. **Educación Química**, v. 34, n. 4, p. 50-63, 2023.

GILBERT, John K. Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In: GILBERT, John K. (ed.). **Visualization in science education**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2005. p. 9-27.

GROVE, Nathaniel P; BRETZ, Stacey Lowery. A continuum of learning: from rote memorization to meaningful learning in organic chemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 3, p. 201-208, 2012.

HIGA, Vanessa Mayumi; SILVA, André Ribeiro da. A contribuição dos modelos moleculares no ensino de isomeria em química orgânica. *Revista Acadêmica Digital*, v. 1, n. 54, p. 1-20, 2022.

IUPAC. Glossary of Terms Used in Computational Drug Design. **Pure & Applied Chemistry**, v. 69, n. 5, p. 1137-1152, 1997.

KLEIN, David. Química orgânica: Uma aprendizagem baseada em solução de problemas. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

LEITE, Bruno Silva. Aplicativos de realidade virtual e realidade aumentada para o ensino de Química. **Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, p. e097220-e097220, 2020.

LIMA, Adriana Maria Queiroz da Silva; FERREIRA, João Elias Vidueira; SOUZA, Ronilson Freitas. Química orgânica para alunos com deficiência visual: uma estratégia de aprendizagem combinando uso de modelos 3D e audiodescrição. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 7, n. 2, p. 1-23, 2022.

LOLUR, Phalgun; DAWES, Richard. 3D Printing of Molecular Potential Energy Surface Models. **Journal of Chemical Education**, v. 91, p. 1181-1184, 2014.

MARTINS, Heloisa Helena T. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 2, p. 289-300, 2004.

Instrumento: Rev. Est. e Pesq. em Educação, Juiz de Fora, v. 26, Artigos, e-45813, 2024

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza

MEDEIROS, Denise Rosa; GOI, Mara Elisângela Jappe. A Resolução de Problemas articulada ao Ensino de Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 6, n. 1, p. 115-135, 2020.

NIECE, Brian K. Custom-printed 3D models for teaching molecular symmetry. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n. 9, p. 2059-2062, 2019.

OLIVEIRA, Cíntia Rochele Alves de; FERREIRA, Cristiano Corrêa; MARTINS, Claudete da Silva de Lima. Modelo didático para o ensino de Ciências, construção por meio de impressão 3D: análise e avaliação no processo de ensino-aprendizagem. **Rev. Iberoam. Tecnol. Educ. Educ. Tecnol.**, La Plata, n. 32, p. 44-53, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.24215/18509959.32.e5>.

PALAIIO, Sueny Calazans dos Santos; ALMEIDA, Marcus Vinicius Lima de; PATREZE, Camila Maistro. Desenvolvimento de modelos impressos em 3D para o ensino de ciências. *Ciência e Tecnologia em Revista*, v. 8, n. 3. p. 70-82, 2018.

PAUKSTELIS, Paul J. MolPrint3D: Enhanced 3D printing of ball-and-stick molecular models. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 1, p. 169-172, 2018.

PAVANELLI, Luciana da Conceição. **Química Orgânica: funções e isomeria**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

RAMOS, Adriana Farias; SERRANO, Agostinho. Uma proposta para o ensino de estereoquímica cis/trans a partir de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) e do uso de modelagem molecular. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 94-106, 2015.

RAUPP, Daniele. **Alfabetização tridimensional, contextualizada e histórica no campo conceitual da estereoquímica**. 2015. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

RAUPP, Daniele; SERRANO, Agostinho; MOREIRA, Marco Antonio. Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica em química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 1, p. 59-73, 2009.

RODRIGUES, Renata Ferreira. O uso de modelagens representativas como estratégia didática no ensino da Genética: um estudo de caso. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 53-66, 2012.

SCALFANI, Vincent F.; VAID, Thomas P. 3D Printed Molecules and Extended Solid Models for Teaching Symmetry and Point Groups. **Journal of Chemical Education**, v. 91, p. 1174-1180, 2014.

SCHEIBEL, Joice Maria. **Desenvolvimento de modelos moleculares para o ensino de química orgânica a partir de material reciclado**. 2015. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

TASKER, Roy. Using multimedia to visualize the molecular world: educational theory into practice. In: PIENTA, N; GREENBOWE, T; COOPER, M. (org.). **A Chemist's Guide to Effective Teaching**. New Jersey: Prentice Hall, 2005. p. 195-211.

Instrumento: Rev. Est. e Pesq. em Educação, Juiz de Fora, v. 26, Artigos, e-45813, 2024

Luiz Gabriel Araújo da Fonseca; Adriana Maria Queiroz Lima; Eduardo Zaragoza Ramos; Ronilson Freitas de Souza

TEIXEIRA, Vânia Maria M. de L; SANTOS, Adriana Ramos dos; GRAEBNER, Ilmar Bernardo. O docente de química e a busca do fazer diferente: um estudo sobre as formas alternativas para ensinar. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 3, 2019.

VIEIRA, Eloisa; MEIRELLES, Rosane M. S.; RODRIGUES, Denise. C. G. A. O uso de tecnologias no ensino de química: a experiência do laboratório virtual química fácil. **Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 8, 2011.

XAVIER, Janaína Lopes et al. Química e Tecnologia: Um aplicativo para a abordagem dos conteúdos de ácidos e bases no Ensino Médio. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 4, n. 8, 2018.

Revisão textual e de normas da ABNT realizada por: Gustavo Suertegaray Saldivar.