



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Estratégias Didáticas no Ensino de Mecanismos de Reação Orgânica no Nível Superior

Bruna Zenato Corso (PG)^{1*}, Maurícius Selvero Pazinato (PQ)¹ bzcorso@ucs.br

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Porto Alegre, RS.

Palavras-Chave: Ensino Superior; Revisão Sistemática; Ensino de Química.

Área Temática: Ensino, Avaliação e Aprendizagem

Resumo: O ensino de mecanismos de reação orgânica é frequentemente considerado um dos maiores desafios nos currículos de Química do Ensino Superior, exigindo dos estudantes a capacidade de visualizar processos complexos em nível molecular e aplicar raciocínio abstrato. Nesse contexto, a escolha e a aplicação de estratégias didáticas eficazes são fundamentais para apoiar a aprendizagem e superar dificuldades conceituais. Este estudo apresenta os resultados de uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de identificar e sintetizar as estratégias de ensino empregadas no ensino de mecanismos de reação orgânica no Ensino Superior. A pesquisa analisou artigos publicados entre 2020 e 2024 nas bases de dados ERIC e Scopus, resultando na seleção de 13 estudos. Os achados indicam que estratégias como resolução de problemas orientada, gamificação, modelagem do raciocínio científico, ensino explícito do raciocínio mecanístico, revisão intercalada de reações, visualização de processos subatômicos ou moleculares em 3D promovem a compreensão conceitual, o engajamento, a autonomia e o desempenho dos estudantes na aprendizagem de mecanismos de reação orgânica.

INTRODUÇÃO

A seleção e utilização de diferentes estratégias didáticas podem otimizar o ensino e a aprendizagem em diversas áreas do conhecimento (Camargo; Daros, 2018). No contexto da Química Orgânica, o ensino de mecanismos de reação é frequentemente reconhecido como um dos maiores desafios no currículo do Ensino Superior (Zotos; Tyo; Shultz, 2021; Lieber et al., 2022).

A complexidade inerente à visualização das transformações moleculares em nível microscópico, especialmente no que se refere à compreensão do movimento de elétrons e à aplicação de conceitos abstratos, constitui um obstáculo significativo para a aprendizagem dos estudantes em mecanismos de reações orgânicas (Estevam; Silva; Sacramento, 2020; Petterson et al., 2020; Abdinejad et al., 2021). Essa dificuldade não apenas compromete o rendimento acadêmico, mas também pode gerar desmotivação, impactando negativamente o processo de aprendizagem (Schweiker; Griggs; Levonis, 2020).

Diante desse cenário, a busca por novas abordagens de ensino tem se intensificado. Para superar os limites das metodologias tradicionais, estratégias como, por exemplo, realidade aumentada, gamificação e vídeos interativos têm se consolidado como alternativas promissoras para apoiar a compreensão de

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

mecanismos de reação orgânica (Shoesmith et al., 2020; Abdinejad et al., 2021; Haindfield et al., 2024).

Contudo, ainda que tais recursos apresentem potencial, permanece a necessidade de reunir, avaliar e sintetizar as evidências empíricas disponíveis acerca de sua efetividade. Nesse sentido, este estudo adota o método de revisão sistemática da literatura como forma de mapear e integrar os resultados de diferentes investigações, buscando identificar tanto padrões consistentes nos achados quanto lacunas que justifiquem novas pesquisas (Fink, 2005; Sampaio; Mancini, 2007). Para fins desta investigação, o termo estratégias didáticas abrange tanto as metodologias de ensino quanto os recursos utilizados nos diversos contextos analisados.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho consistiu em uma revisão sistemática da literatura, delineada para identificar e sintetizar as evidências sobre as ferramentas de ensino aplicadas a mecanismos de reação orgânica no Ensino Superior. O desenvolvimento seguiu quatro etapas: i) elaboração da questão de investigação; ii) definição do método de busca; iii) determinação dos critérios de inclusão e exclusão; e iv) análise crítica dos artigos selecionados.

A pergunta de pesquisa que guiou este estudo foi: De que forma diferentes estratégias didáticas contribuem para o ensino e aprendizagem de mecanismos de reações orgânicas no Ensino Superior?

Para responder à questão norteadora, foi realizada uma busca bibliográfica nas bases de dados *Education Resources Information Center* (ERIC) e Scopus, selecionados pela relevância nas publicações relacionadas ao ensino de química, abrangendo os últimos cinco anos, período de 2020 a 2024.

A escolha dessas bases de dados justifica-se pela natureza das mesmas. A ERIC é reconhecida como uma das principais plataformas de consulta de pesquisadores em Educação, enquanto a Scopus apresenta um acervo internacionalmente utilizado por pesquisadores da área da Química. A estratégia de pesquisa nessas duas bases é uma tentativa de atingir o maior número de artigos possível, considerando a interface do tema pesquisado. Os descritores utilizados para a pesquisa foram os termos "*teaching*", "*chemistry organic*", "*reaction*" e "*mechanisms*".

Um total de 117 trabalhos foi encontrado inicialmente, sendo 80 na base ERIC e 37 na Scopus. Para a seleção dos artigos, foram aplicados os seguintes critérios de inclusão:

- Publicações em inglês, português ou espanhol;
- Estudos conduzidos no contexto do Ensino Superior;
- Artigos que abordam especificamente estratégias de ensino aplicadas a mecanismos de reação orgânica;

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

- Apenas estudos empíricos, excluindo-se outras revisões da literatura.
Após a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, 13 artigos foram selecionados:

Tabela 1. Artigos analisados na revisão sistemática

Títulos	Referências
Eliciting Student Thinking about Acid-Base Reactions "via" App and Paper-Pencil Based Problem Solving	Petterson et al., 2020
Using the Research Literature to Develop an Adaptive Intervention to Improve Student Explanations of an S _N 1 Reaction Mechanism	Dood et al., 2020
Engaging Health Student in Learning Organic Chemistry Reaction Mechanisms Using Short and Snappy Lightboard Videos	Schweiker et al., 2020
Elaboration and use of Animation as Strategy to Teaching Organic Reactions Mechanism	Estevam et al., 2020
Organic Fanatic: A Quiz-Based Mobile Application Game to Support Learning the Structure and Reactivity of Organic Compounds	Shoesmith et al., 2020
Student Perceptions Using Augmented Reality and 3D Visualization Technologies in Chemistry Education	Abdinejad et al., 2021
Advancing Multimedia Learning for Science: Comparing the Effect of Virtual versus Physical Models on Student Learning about Stereochemistry	Casselman et al., 2021
What Do University Students Truly Learn When Watching Tutorial Videos in Organic Chemistry? An Exploratory Study Focusing on Mechanistic Reasoning	Eckhard et al., 2022
Priority and Selectivity Rules To Help Students Predict Organic Reaction Mechanisms	Smith, 2023
Reaction Webs: An Interleaved Approach to Reviewing Reactions in Organic Chemistry	Davies, 2023
The Evolution of an Assignment: How a Writing-to-Learn Assignment's Design Shapes Organic Chemistry Students' Elaborations on Reaction Mechanisms	Zaimi et al., 2023
The Online Version of CHEMCompete-II: An Organic Chemistry Card Game to Differentiate Between Substitution and Elimination Reactions of Alcohols	Lam et al., 2024
Flipping the Script in Organic Reaction Mechanism Instruction: Using Generative Pedagogies Instead of Lecture to Improve Learning Outcomes	Haindfield et al., 2024

A avaliação da relevância dos estudos foi orientada pelos princípios da análise de conteúdo proposta por (Bardin, 2016) envolvendo as etapas de organização preliminar dos dados, exploração sistemática do material e interpretação dos resultados obtidos por meio de três categorias (dificuldades dos estudantes, estratégia didática e instrumento) que emergiram do processo de análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos artigos selecionados permitiu a caracterização do perfil das publicações incluídas nesta revisão sistemática. A análise temporal (Tabela

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

2) revela que o ano de 2020 concentra a maior parte dos estudos incluídos nesta revisão, com quase metade das publicações (46,15%). Nos anos subsequentes (2021 a 2024), a frequência de publicações sobre o tema, dentro do período e critérios estabelecidos, se apresentou mais distribuída, porém com menor volume anual.

Tabela 2. Distribuição dos Artigos por Ano de Publicação (2020-2024)

Ano	Número de Artigos	Porcentagem (%)
2020	6	46,15%
2021	2	15,38%
2022	1	7,69%
2023	2	15,38%
2024	2	15,38%

Em relação a distribuição nos periódicos, observa-se a predominância do *Journal of Chemical Education* com sete artigos, representado 53,85% do total, seguido do *Chemistry Education Research and Practice* com três artigos (23,08%). Os demais periódicos, *Journal of Science Education and Technology*, Química Nova e *Science Education* publicaram um artigo cada (7,69%).

De maneira geral, os artigos avaliados identificaram algumas dificuldades recorrentes, tais como: a não aplicação de conceitos subjacentes, a limitada capacidade de distinguir reações com estruturas semelhantes e a sobrecarga cognitiva associada às aulas expositivas. Essas limitações foram enfrentadas por meio de diferentes estratégias didáticas propostas nos estudos conforme apresentado na Tabela 3.

Com o intuito de sistematizar os principais achados da literatura, elaborou-se a Tabela 3, na qual são apresentadas as estratégias didáticas identificadas nos diferentes estudos, organizadas em categorias. A síntese possibilita compreender de que forma recursos foram utilizados para promover a aprendizagem em Química Orgânica. Além disso, a organização favorece a visualização comparativa das abordagens adotadas, evidenciando tanto a diversidade metodológica quanto às contribuições de cada estratégia para superar as dificuldades identificadas pelos autores.

Tabela 3. Categorias de análise dos estudos selecionados

Autor	Dificuldades dos estudantes	Estratégia Didática	Instrumento	Resultados
Petterson et al., 2020	Reconhecem as etapas, mas não aplicam conceitos subjacentes	Resolução de problemas orientada, articulando aplicativo interativo e papel-lápis.	Aplicativo digital interativo para celular	Evitou erros quimicamente inconsistentes; persistem dificuldades em aplicar conceitos fundamentais.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Dood et al., 2020	Dificuldade em prever/explicar reações	Intervenção adaptativa baseada em pré-avaliação e feedback individualizado.	Sistema de pontuação computacional (pré-avaliação) e tutoriais	Melhorou o raciocínio mecanístico e aumentou a predição de reações
Schweiker et al., 2020	Baixo desempenho	Uso de vídeos como estratégia complementar para revisão e engajamento dos estudantes.	Vídeos <i>Lightboard</i> curtos e objetivos	Aumentou desempenho e proporcionou maior engajamento
Estevam et al., 2020	Abstração de processos subatômicos	Aprendizagem Visualização de processos subatômicos por meio de animações como apoio à compreensão conceitual.	Animações/vídeos 3D simples e acessíveis	Permitiu o estudo mais elucidativo e compreensível
Shoesmith et al., 2020	Dificuldade em prever/explicar reações	Aprendizagem Ativa com gamificação	Aplicativo	Recurso inovador, aumentou a confiança e facilitou o aprendizado híbrido
Abdinejad et al., 2021	Visualização de conformações moleculares e transformações químicas em 3D.	Visualização em 3D	Realidade Aumentada e animações 3D.	Melhorou a visualização em 3D e a habilidade de desenhar moléculas complexas
Casselman et al., 2021	Dificuldade em transitar de representações 2D para 3D e aplicar conceitos superiores.	Comparação de estratégias de aprendizagem com modelos virtuais e físicos para visualização espacial.	Modelos virtuais (simulações) e físicos (bola-bastão)	Modelos físicos foram mais efetivos que os virtuais e instrução convencional baseada em representações estáticas (livros e slides)
Eckhard et al., 2022	Dificuldade em derivar propriedades implícitas, comparar variáveis e ligar estrutura à energética.	Modelagem do raciocínio científico através de vídeos tutoriais guiados.	Vídeos tutoriais guiados	Permitiu inferir propriedades estruturais, mas ainda houve dificuldade em relacionar à energética.
Smith, 2023	Tendência de memorizar mecanismos e não aplicar raciocínio mecanístico.	Ensino explícito de raciocínio mecanístico para previsão de mecanismos plausíveis	Regras de prioridade e seletividade	Auxiliou a prever mecanismos plausíveis a partir de primeiros princípios

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Davies, 2023	Dificuldade em diferenciar reações com estruturas/mecanismos semelhantes.	Revisão intercalada de reações utilizando matriz de conexões	<i>Reaction web</i> (matriz de estruturas interligadas).	Promoveu maior participação dos alunos
Zaimi et al., 2023	Dificuldade em vincular nível molecular invisível às representações visíveis; múltiplas variáveis.	Aprendizagem Ativa com <i>writing to learn</i> (<i>escrever para aprender</i>)	Design de tarefas com aspectos retóricos (papel, gênero, público).	Foi possível melhorar as explicações mecanísticas
Lam et al., 2024	Dificuldade em diferenciar substituição e eliminação de álcoois e prever mecanismos.	Aprendizagem Ativa com gamificação	Jogo de cartas digital interativo.	Permitiu o aprendizado de reações complexas
Haindfield et al., 2024	Dificuldade em seguir explicações de especialistas; sobrecarga cognitiva.	Proposição ativa de mecanismos pelos estudantes	Abordagens generativas e instrução tradicional.	Demonstrou maior habilidade em propor mecanismos não familiares

A análise evidenciou a predominância do uso de estratégias didáticas centradas em metodologias ativas, com destaque para a gamificação, a resolução de problemas e a proposição de mecanismos pelos estudantes. Observou-se também a utilização de instrumentos tecnológicos, como aplicativos interativos, vídeos, animações e visualizações em 3D, empregados de modo a potencializar a compreensão conceitual e o engajamento dos alunos (Schweiker et al., 2020; Estevam et al., 2020; Shoesmith et al., 2020; Abdinejad et al., 2021; Lam et al., 2024). Além disso, estratégias complementares, como intervenções adaptativas baseadas em pré-avaliação, *feedback* individualizado, ensino explícito do raciocínio mecanístico e revisão intercalada de reações, contribuíram para a diversificação das práticas e para o desenvolvimento do raciocínio científico (Petterson et al., 2020; Zaimi; Dood; Shultz, 2023; Smith, 2023; Haindfield et al., 2024; Davies, 2023).

Em relação aos tipos de reações abordadas e aos instrumentos utilizados, destacam-se vídeos curtos e objetivos, voltados para reações do tipo SN1 e SN2, que se mostraram eficazes para demonstrar visualmente os processos, promovendo tanto o engajamento quanto o aprimoramento do desempenho dos estudantes (Schweiker; Griggs; Levonis, 2020; Eckhard et al., 2022). Em pesquisas voltadas às reações ácido-base, Dood e Watts (2023) empregaram um aplicativo educacional interativo que permitiu a manipulação de estruturas e a visualização de elétrons. Embora a ferramenta tenha reduzido erros quimicamente inconsistentes, os estudantes ainda permaneceram com dificuldades na aplicação de conceitos fundamentais, como pKa e ressonância.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

O uso de animações também se mostrou relevante por possibilitar a visualização tridimensional de modelos e fenômenos em escala subatômica, abrangendo diferentes tipos de reações orgânicas (Estevam; Silva; Sacramento, 2020). Em substituições eletrofílicas, por exemplo, um jogo em formato de *quiz* foi avaliado positivamente pelos autores por aumentar a confiança dos alunos e tornar a aprendizagem mais interativa (Shoesmith et al., 2020).

Já em reações que envolvem conhecimentos de estereoquímica, Casselman et al. (2021) identificaram maior efetividade na utilização de modelos físicos em comparação com os virtuais, enquanto Smith (2023) destacou que, ao aplicar regras de prioridade e seletividade, os estudantes conseguiram prever mecanismos com base na reatividade e estrutura, elaborando explicações fundamentadas em princípios básicos.

Em síntese, os estudos analisados demonstram que o uso de tecnologias digitais, recursos visuais e metodologias ativas tem contribuído significativamente para o ensino e aprendizagem de mecanismos de reações orgânicas. Recursos didáticos como vídeos, animações, aplicativos interativos e jogos favorecem a compreensão de mecanismos complexos, e também ampliam o engajamento e a confiança dos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas evidências analisadas, é possível afirmar que a adoção de múltiplas estratégias didáticas, aliadas a instrumentos tecnológicos e recursos visuais, tem se mostrado eficaz para o ensino de mecanismos de reações orgânicas. A utilização de vídeos, animações, realidade aumentada e jogos digitais, quando articulada a atividades experimentais e práticas, favorece não apenas a compreensão conceitual, mas também o engajamento e a motivação dos estudantes.

A combinação de métodos ativos, recursos tecnológicos e experiências concretas contribui para o desenvolvimento de competências essenciais, como o pensamento crítico, a autonomia na aprendizagem e a capacidade de resolução de problemas. Esses achados reforçam a importância de estratégias integradas, indicando que, o impacto positivo no aprendizado decorre da articulação entre diferentes abordagens, preparando os alunos para uma compreensão sólida e aplicada dos mecanismos de reação orgânica.

Vale ressaltar que, recursos físicos e tangíveis, como modelos moleculares, ainda são fundamentais para a construção de conceitos espaciais, especialmente em temas como estereoquímica, superando limitações observadas em abordagens exclusivamente virtuais.

Dessa forma, a integração de recursos tecnológicos, atividades experimentais, digitais ou físicas, e estratégias que promovam pensamento crítico e autonomia apresenta-se como um caminho promissor. Os resultados indicam que o efeito positivo no aprendizado surge da articulação entre

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

abordagens diversas, permitindo aos estudantes não apenas compreender os mecanismos reacionais, mas também desenvolver competências para a resolução de problemas e consolidar uma visão científica sólida e fundamentada.

REFERÊNCIAS

- ABDINEJAD, M. et al. Student Perceptions Using Augmented Reality and 3D Visualization Technologies in Chemistry Education. **Journal of Science Education and Technology**, v. 30, n. 1, p. 87–96, 2021.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- CASSELMAN, M. D.; EICHLER, J. F.; ATIT, K. Advancing multimedia learning for science: Comparing the effect of virtual versus physical models on student learning about stereochemistry. **Science Education**, v. 105, n. 6, p. 1285–1314, 1 nov. 2021.
- DAVIES, D. R. Reaction Webs: An Interleaved Approach to Reviewing Reactions in Organic Chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 2, p. 1058–1062, 2023.
- DOOD, A. J. et al. Using the Research Literature to Develop an Adaptive Intervention to Improve Student Explanations of an SN1 Reaction Mechanism. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 10, p. 3551–3562, 13 out. 2020.
- DOOD, A. J.; WATTS, F. M. Students' Strategies, Struggles, and Successes with Mechanism Problem Solving in Organic Chemistry: A Scoping Review of the Research Literature. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 1, p. 53–68, 2023.
- ECKHARD, J. et al. What Do University Students Truly Learn When Watching Tutorial Videos in Organic Chemistry? An Exploratory Study Focusing on Mechanistic Reasoning. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 6, p. 2231–2244, 2022.
- ESTEVAM, I. H. S.; SILVA, E. F. R.; SACRAMENTO, A. P. DOS S. Elaboration and use of animation as strategy to teaching organic reactions mechanism. **Química Nova**, v. 43, n. 8, p. 1154–1162, 2020.
- FINK, A. G. **Conducting research literature reviews: From the Internet to paper**. (2nd ed.) ed. [s.l.] SAGE Publications, 2005.
- HAINDFIELD, C., CERBIN, W., BAUMANN, D., & SCHENCK, H. Flipping the script in organic reaction mechanism instruction: using generative pedagogies instead of lecture to improve learning outcomes. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 25, n. 4, p. 1311–1325, 2024.
- LAM, S. et al. The Online Version of. p. 0–5, 2024.
- LIEBER, L. S. et al. Closing the gap of organic chemistry students' performance with an adaptive scaffold for argumentation patterns. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 23, n. 4, p. 811–828, 31 maio 2022.
- PETTERSON, M. N. et al. Eliciting student thinking about acid-base reactions: Via app and paper-pencil based problem solving. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 21, n. 3, p. 878–892, 1 jul. 2020.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

- RODEMER, M. et al. Decoding Case Comparisons in Organic Chemistry: Eye-Tracking Students' Visual Behavior. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 10, p. 3530–3539, 13 out. 2020.
- SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Systematic Review Studies: a Guide for Careful Synthesis of Scientific Evidence. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, n. 1, p. 77–82, 2007.
- SCHWEIKER, S. S.; GRIGGS, B. K.; LEVONIS, S. M. Engaging Health Student in Learning Organic Chemistry Reaction Mechanisms Using Short and Snappy Lightboard Videos. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 10, p. 3867–3871, 13 out. 2020.
- SHOESMITH, J. et al. Organic Fanatic: A Quiz-Based Mobile Application Game to Support Learning the Structure and Reactivity of Organic Compounds. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 8, p. 2314–2318, 2020.
- SMITH, D. K. Priority and Selectivity Rules To Help Students Predict Organic Reaction Mechanisms. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 3, p. 1164–1178, 2023.
- SOARES, M. H. F. **Jogos e Atividades lúdicas para o Ensino de Química**. Kelps ed. Goiânia: [s.n.], 2013.
- ZAIMI, I.; DOOD, A. J.; SHULTZ, G. V. The evolution of an assignment: how a Writing-to-Learn assignment's design shapes organic chemistry students' elaborations on reaction mechanisms. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 25, n. 1, p. 327–342, 8 nov. 2023.
- ZOTOS, E. K.; TYO, J. J.; SHULTZ, G. V. University instructors' knowledge for teaching organic chemistry mechanisms. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 22, n. 3, p. 715–732, 1 jul. 2021.