



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

Desvendando os desafios do ensino e aprendizagem de Reações de Substituição Nucleofílica.

Águeda Cardoso de Aguiar (PG)*, Daniele Trajano Raupp (PQ)
*quimicaagueda@gmail.com

Palavras-Chave: Ensino de química; estratégias didáticas; dificuldades de aprendizagem

Área Temática: Ensino, Avaliação e Aprendizagem

Resumo: O estudo tem como objetivo investigar os desafios na compreensão das reações de substituição nucleofílica (SN1 e SN2) em química orgânica, utilizando uma revisão sistemática da literatura na *Journal of Chemical Education* para mapear as dificuldades de aprendizagem e avaliar estratégias didáticas utilizadas pelos professores. A metodologia incluiu a seleção de artigos publicados entre 2015 e 2024, resultando na análise de oito estudos relevantes, por meio de síntese textual narrativa. Os resultados indicam barreiras como a distinção entre os mecanismos SN1 e SN2, dificuldades em compreender a formação de intermediários reacionais, a influência de condições experimentais e a visualização espacial de moléculas. Estratégias didáticas, como simulações, ensino invertido e atividades colaborativas, foram apontadas como promissoras para superar essas dificuldades. Conclui-se que métodos que integram teoria e prática de forma mais eficaz, facilitam o aprendizado e promovem uma compreensão mais profunda dos conceitos.

INTRODUÇÃO

As reações de substituição nucleofílica monomolecular (SN1) e bimolecular (SN2) possuem ampla relevância científica e tecnológica, com aplicações no campo farmacêutico, ambiental e industrial (SMITH; MARCH, 2007; MANAHAN, 2013; ODIAN, 2004). Além de sua importância prática, esses mecanismos constituem conceitos estruturantes na Química Orgânica, exigindo do estudante a compreensão integrada de substratos, nucleófilos, grupos abandonadores e intermediários reacionais. Entretanto, diversos estudos apontam que tais conteúdos apresentam alto grau de abstração e demandam representações múltiplas, estruturais, energéticas e estereoquímicas, o que dificulta sua aprendizagem (SOLOMONS; FRYHLE, 2014; MCMURRY, 2015; MORRISON; BOYD, 2017).

A literatura sobre ensino de Química tem evidenciado que as dificuldades nesse campo não se restringem ao domínio conceitual, mas estão ligadas à forma como os conteúdos são abordados em sala de aula. A ausência de conexões entre teoria e prática, a carência de recursos visuais e a pouca ênfase em metodologias investigativas tendem a reforçar obstáculos já identificados em níveis iniciais de formação (HATTIE; TIMPERLEY, 2007). Nesse contexto, compreender os desafios enfrentados pelos estudantes e analisar estratégias

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química



pedagógicas propostas na literatura é fundamental para subsidiar professores e pesquisadores na construção de práticas mais significativas de ensino.

Diante desse panorama, este estudo tem como objetivo identificar, a partir de uma revisão sistemática de literatura no *Journal of Chemical Education*, as principais dificuldades relatadas no ensino-aprendizagem dos mecanismos de substituição nucleofílica (SN1 e SN2), bem como analisar criticamente as estratégias didáticas propostas para superá-las. Ao articular campos teóricos da Química Orgânica e da Educação em Ciências, busca-se contribuir com uma visão analítica que auxilie no aprimoramento de propostas didáticas e no avanço de pesquisas sobre esse tema.

OS MECANISMOS DE SUBSTITUIÇÃO NUCLEOFÍLICA E SEUS DESAFIOS

Um dos principais obstáculos é o domínio de conceitos básicos de química orgânica para a compreensão do mecanismo das reações. Em uma reação de substituição, três conceitos fundamentais ajudam a compreender o mecanismo envolvido: substrato, nucleófilo e grupo abandonador. O substrato é a molécula principal sobre a qual ocorre a substituição. Ele geralmente contém um átomo ou grupo funcional ligado a ele que será substituído durante a reação. O nucleófilo é uma espécie química que doa um par de elétrons para formar uma nova ligação covalente com o substrato. Esse nucleófilo ataca o átomo de carbono no substrato, que está ligado ao grupo abandonador, iniciando o processo de substituição. Já o grupo abandonador é o átomo ou grupo que se separa do substrato durante a reação, levando consigo o par de elétrons da ligação rompida (KLEIN, 2024). No caso da SN1, a reação ocorre em duas etapas, com a formação de um carbocátion intermediário, que possui uma geometria planar devido à hibridização sp^2 do átomo de carbono central, como o exemplo da figura 1, pode ser confusa. Segundo Solomons e Fryhle (2014), a estabilidade do carbocátion é um fator crucial que determina a velocidade da reação SN1, e muitos alunos têm dificuldade em visualizar como a estabilidade desse intermediário influencia a reação.

mecanismo de uma reação S_N1

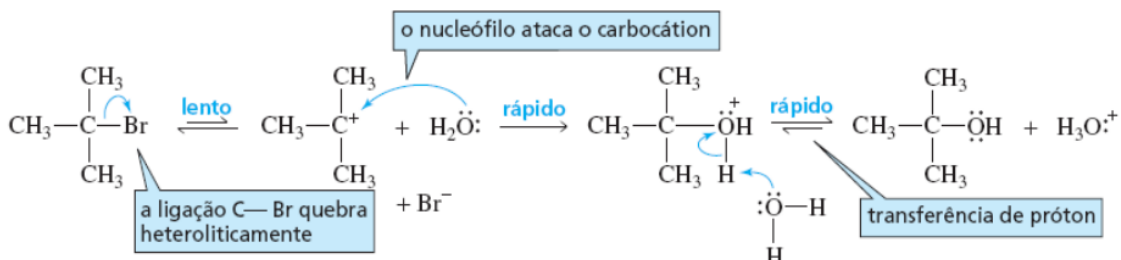


Figura 1: Exemplificação da reação de SN1 - Fonte: Bruice (2006).

A relação entre a estrutura do substrato e a velocidade da reação, que depende da estabilidade do carbocátion, é uma conexão que pode não ser

intuitiva. Por outro lado, a Substituição Nucleofílica bimolecular, SN2, sendo uma reação de uma única etapa, requer que os alunos compreendam a interação entre o nucleófilo e o substrato de maneira mais direta, como podemos observar na figura 2. A dificuldade presentes muitas vezes reside na configuração estérica (arranjo tridimensional dos átomos). De acordo com Morrison e Boyd (2017), a reação SN2 é altamente sensível à estrutura do substrato e à concentração do nucleófilo, o que pode confundir os alunos que buscam entender por que certos grupos funcionais favorecem uma SN2, em vez de, SN1.

mecanismo da reação S_N2

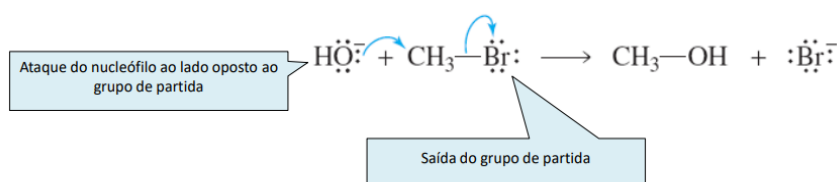


Figura 2 : Exemplificação da reação de SN2 - Bruice (2006).

A terminologia e a notação química podem representar barreiras à aprendizagem, sendo a expressão "inversão de configuração" um exemplo recorrente de confusão. McMurry (2015) destaca a estereoquímica das reações SN2 como uma das partes mais desafiadoras, por exigir percepção tridimensional das moléculas. A ausência de uma base sólida em conceitos prévios, como teoria ácido-base e estrutura molecular, agrava essas dificuldades. A abordagem didática também influencia significativamente: recursos visuais e simulações podem tornar os conceitos mais acessíveis. Relacionar os conteúdos a situações do cotidiano facilita a aprendizagem, assim como a prática constante e o enfrentamento dos erros. Muitos estudantes, diante da complexidade, desmotivam-se e evitam novas estratégias. Conforme Hattie e Timperley (2007), o feedback eficaz e um ambiente que incentive a exploração são fundamentais para o aprendizado. A compreensão das reações SN1 e SN2 envolve fatores estruturais, conceituais e didáticos. Diante disso, o presente trabalho propõe-se a investigar tais dificuldades por meio de uma revisão sistemática da literatura no Journal of Chemical Education, selecionado por sua relevância internacional e ênfase em métodos inovadores que integram teoria e prática.

METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão sistemática de literatura,



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

fundamentada nas etapas descritas por Sampaio e Mancini (2007): (1) formulação da pergunta de investigação, (2) definição da estratégia de busca, (3) estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão e (4) análise da literatura selecionada.

A pergunta norteadora foi: *Quais são as principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes no aprendizado dos mecanismos de SN1 e SN2 em Química Orgânica e quais estratégias de ensino têm sido utilizadas para superá-las?* A busca concentrou-se em artigos publicados entre 2015 e 2024 no *Journal of Chemical Education*, periódico de referência internacional na área de ensino de Química. Os descritores utilizados foram “nucleophilic substitution reactions” e “learning”.

Foram incluídos artigos que abordavam especificamente os mecanismos SN1 e SN2 em contextos de ensino-aprendizagem, e excluídos aqueles que não contemplavam esses conteúdos ou apresentavam enfoques alheios aos objetivos da pesquisa. Após a triagem inicial, foram selecionados oito estudos que atendiam aos critérios.

A análise dos dados foi realizada por meio da técnica de Síntese Textual Narrativa (BARNETT-PAGE; THOMAS, 2009). Essa abordagem permitiu organizar os artigos em categorias temáticas, agrupando as dificuldades relatadas e as estratégias propostas para enfrentá-las. Em seguida, estabeleceu-se a relação entre ambos, sistematizada no quadro comparativo apresentado nos resultados. Dessa forma, buscou-se não apenas descrever os achados, mas evidenciar como diferentes propostas pedagógicas dialogam com os desafios conceituais e didáticos identificados.

Quadro 1 : Artigos selecionados para análise

Nº	Referência
1	KADAYIFÇI, Hakki; IŞIK, Burcu; EKICI, Funda. Teaching Some Features of Competitive Elimination and Substitution Reactions of Alcohols through a Guided Inquiry Laboratory Activity. <i>Journal of Chemical Education</i> , v. 100, n. 8, p. 2896-2903, 2023.
2	DONG, Li-Kun; LI, Zi-Hao; ZHANG, Shu-Yu. Multidimensional understanding of complex electrophilic aromatic substitution reactions: further analysis of the solvent effect, temperature influence, and kinetic behaviors. <i>Journal of Chemical Education</i> , v. 98, n. 9, 2021.
3	ANAND SELVAM, Athavan Alias; SENAPATI, Subhadip. Investigating the Impact of Combining Structured Peer Work with a Flipped Organic Chemistry Course for High School Students. <i>Journal of Chemical Education</i> , 2023.



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

4	CROWDER, Caroline J.; YIK, Brandon J.; FROST, Stephanie J. H.; CRUZ-RAMÍREZ DE ARELLANO, Daniel; RAKER, Jeffrey R. Impact of Prompt Cueing on Level of Explanation Sophistication for Organic Reaction Mechanisms. Journal of Chemical Education, 2024.
5	HERMANNNS, Jolanda; KELLER, David. The Development, Use, and Evaluation of Digital Games and Quizzes in an Introductory Course on Organic Chemistry for Preservice Chemistry Teachers. Journal of Chemical Education, 2022.
6	HERMANNNS, Jolanda; BRESLER, Alexandra; KUNOLD, Helen. Students' Learning and Application of Basic Concepts in the Course "Organic Chemistry I for Preservice Chemistry Teachers". Journal of Chemical Education, 2023.
7	BLACKIE, Margaret A.L.; ARNOTT, Gareth; KASCHULA, Catherine H. Engaging Organic Chemistry Students in Knowledge Building. Journal of Chemical Education, 2023
8	DOOD, Amber J.; DOOD, John C.; CRUZ-RAMÍREZ DE ARELLANO, Daniel; FIELDS, Kimberly B.; RAKER, Jeffrey R. Using the Research Literature to Develop an Adaptive Intervention to Improve Student Explanations of an SN1 Reaction Mechanism. Journal of Chemical Education, 2020.

Fonte: as autoras (2024)

RESULTADOS

A análise dos oito artigos selecionados evidenciou dificuldades recorrentes na aprendizagem dos mecanismos SN1 e SN2, as quais foram organizadas em cinco categorias: (1) distinção entre os mecanismos e as condições que favorecem cada um, (2) compreensão da formação e estabilidade de intermediários, como o carbocátion, (3) influência de variáveis experimentais, tais como solvente e temperatura, (4) visualização espacial de moléculas e (5) terminologia e notação química associadas às reações. Essas categorias emergiram a partir da leitura comparativa e da identificação de padrões nos estudos, o que permitiu estruturar uma visão coesa das principais barreiras de aprendizagem.

No que se refere às propostas pedagógicas, a análise mostrou que os autores convergem para metodologias que integram teoria e prática, mas apresentam enfoques distintos. Enquanto alguns priorizam atividades práticas guiadas por investigação (KADAYIFÇI; IŞIK; EKICI, 2023), outros ressaltam o potencial de simulações computacionais para visualização de fatores reacionais (DONG; LI; ZHANG, 2021). Também foram identificadas estratégias como ensino invertido aliado ao trabalho colaborativo (ANAND SELVAM; SENAPATI, 2023), uso de *prompt cueing* para incentivar explicações detalhadas (CROWDER et al., 2024) e ferramentas digitais interativas, como jogos e quizzes (HERMANNNS; KELLER, 2022).

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

A articulação entre dificuldades e estratégias foi sistematizada em quadro comparativo, evidenciando como cada proposta pedagógica busca responder a um desafio específico. Por exemplo, as dificuldades de distinguir entre SN1 e SN2 são diretamente associadas a atividades laboratoriais investigativas, enquanto problemas de visualização espacial encontram maior suporte no uso de simulações digitais. Essa análise comparativa mostra que, embora existam diferentes abordagens, sua efetividade está condicionada à integração entre os aspectos conceituais e experimentais das reações.

AS PRINCIPAIS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM

A compreensão dos mecanismos SN1 e SN2 constitui um desafio significativo no ensino de Química Orgânica, envolvendo dificuldades teóricas, experimentais e conceituais. Entre os principais obstáculos estão a distinção entre os mecanismos, a visualização dos intermediários e a compreensão das condições reacionais. Kadayıfçı, Işık e Ekici (2023) identificaram dificuldades dos alunos em reconhecer as variáveis experimentais que favorecem cada mecanismo, como o tipo de substrato e nucleófilo, além da confusão causada por reações competitivas como a eliminação. Dong, Li e Zhang (2021) destacaram a dificuldade em correlacionar solvente e temperatura com a escolha entre SN1 e SN2, especialmente quanto à formação de intermediários como o carbocátion. Anand Selvam e Senapati (2023) observaram que, mesmo em metodologias ativas como o ensino invertido, os estudantes enfrentam obstáculos na aplicação colaborativa dos conceitos. Crowder *et al.* (2024) apontaram que muitos alunos não conseguem elaborar explicações sofisticadas sobre os mecanismos, o que reflete uma compreensão superficial. Hermanns e Keller (2022) e Hermanns, Bresler e Kunold (2023) enfatizaram que ferramentas digitais, embora úteis para o engajamento, não são suficientes para abordar as dificuldades conceituais associadas à escolha e compreensão dos mecanismos de substituição nucleofílica.

A dificuldade em aplicar os conceitos de maneira crítica e contextualizada ainda persiste, como evidenciado pelo fato de muitos alunos não conseguirem traduzir o aprendizado teórico em previsões precisas durante atividades práticas. Blackie, Arnott e Kaschula (2023), identificam que, além das dificuldades teóricas, muitos alunos enfrentam dificuldades em construir seu conhecimento de maneira interativa e reflexiva. A falta de oportunidades para discussão ativa e contextualizada impede que os estudantes compreendam plenamente as interações nucleófilo-substrato e como elas afetam o curso das reações. Por fim, Dood *et al.* (2020), apontam que, apesar das intervenções adaptativas para melhorar as explicações, muitos alunos ainda têm dificuldades em compreender a formação e estabilidade do carbocátion no SN1, o que indica que essas

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

intervenções não são suficientes para superar as lacunas profundas de entendimento. Essas dificuldades revelam que, embora existam diversas abordagens pedagógicas, os alunos ainda enfrentam desafios significativos na compreensão dos conceitos essenciais, como a distinção entre os mecanismos SN1 e SN2, a visualização dos intermediários e a aplicação contextualizada dos conhecimentos. Superar essas dificuldades exige uma combinação de estratégias que promovam uma compreensão mais profunda dos conceitos teóricos e integrem de forma mais eficaz as experiências práticas com o aprendizado teórico.

Em resumo podemos listar as principais dificuldades relatadas nos artigos como: (1) distinção entre os mecanismos SN1 e SN2, (2) compreensão da formação e estabilidade dos intermediários reacionais, (3) identificação da influência das condições experimentais, (4) visualização espacial de moléculas e (5) terminologia referente aos conceitos que envolvem as reações de substituição nucleofílica.

PROPOSTAS DIDÁTICAS PARA SUPERAR AS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM

Estudos recentes propõem abordagens pedagógicas inovadoras para superar as dificuldades na compreensão dos mecanismos SN1 e SN2. Kadayıfçı, Işık e Ekici (2023) recomendam atividades laboratoriais guiadas por investigação, permitindo que os alunos explorem experimentalmente as condições que favorecem reações de substituição e eliminação, promovendo uma aprendizagem mais profunda e contextualizada. Já Dong, Li e Zhang (2021) destacam a importância de análises sobre a influência do solvente e da temperatura, sugerindo o uso de simulações e experimentos para observar como esses fatores afetam a velocidade e o tipo de mecanismo. As simulações computacionais, nesse sentido, auxiliam na visualização de interações moleculares e da formação de intermediários, tornando mais acessíveis conceitos abstratos envolvidos nessas reações.

Anand Selvam e Senapati (2023) propõem o uso de métodos ativos, como o ensino invertido, no qual os alunos estudam previamente os conteúdos e aplicam os conceitos em atividades colaborativas em sala, favorecendo a compreensão dos mecanismos de substituição nucleofílica. Crowder *et al.* (2024) destacam a técnica do *prompt cueing*, que utiliza estímulos para guiar os estudantes na construção de explicações mais estruturadas sobre os mecanismos, promovendo uma compreensão mais profunda. Já Hermanns e Keller (2022), assim como Hermanns, Bresler e Kunold (2023), sugerem o uso de ferramentas digitais, como jogos e quizzes, para tornar o aprendizado mais dinâmico e oferecer feedback imediato. Embora eficazes, essas ferramentas são mais potentes quando integradas a estratégias complementares, como discussões em grupo e resolução de problemas, que incentivam o pensamento crítico e a

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

aplicação dos conceitos.

Blackie, Arnott e Kaschula (2023), defendem a importância de envolver os alunos em atividades colaborativas e reflexivas. Por meio de práticas que incentivem a interação, como discussões em grupo e atividades de resolução de problemas, os alunos podem compartilhar e comparar diferentes perspectivas sobre os mecanismos de substituição nucleofílica, promovendo uma compreensão mais rica e integrada dos conceitos. Por fim, Dood *et al.* (2020), propõem intervenções adaptativas para melhorar a capacidade dos alunos de explicar o mecanismo SN1. Essas intervenções envolvem o uso de literatura de pesquisa para fornecer informações detalhadas sobre os processos moleculares durante a formação de intermediários, como o carbocátion, incentivando os alunos a integrar conceitos teóricos com a prática experimental de maneira mais eficaz. Em conjunto, essas abordagens pedagógicas oferecem um panorama diversificado de estratégias que podem ser combinadas para facilitar o entendimento das reações de substituição nucleofílica.

Como síntese podemos listar as principais estratégias didáticas utilizadas pelos autores : (1) simulações e ferramentas digitais interativas, que auxiliam na visualização de conceitos abstratos; (2) atividades práticas guiadas, promovendo a aplicação dos conceitos em laboratório; (3) ensino invertido, que combina aprendizado teórico prévio com atividades colaborativas; (4) intervenções adaptativas e estímulos estruturados, que incentivam explicações detalhadas; e (5) jogos e quizzes digitais.

ESTABELECENDO RELAÇÃO ENTRE AS DIFICULDADES E AS ESTRATÉGIAS RELATADAS

O Quadro 2 apresenta a relação entre as principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes no aprendizado e as estratégias pedagógicas propostas para superá-las. Essa organização evidencia como cada desafio específico pode ser abordado com diferentes propostas para melhorar o ensino.

Quadro 2: Comparativo propostas didáticas e dificuldades

Artigo	Dificuldades	Propostas Didáticas
1	Dificuldade em distinguir entre os mecanismos SN1 e SN2 (condições que favorecem cada um)	Atividades laboratoriais guiadas por investigação para explorar as condições experimentais (Kadayıfçı <i>et al.</i> , 2023)
2	Dificuldade em entender a influência de fatores como solvente e temperatura nos mecanismos de reação	Simulações e experimentos para observar como solvente e temperatura afetam as reações (Dong <i>et al.</i> , 2021)

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

3	Falta de compreensão sobre a formação e estabilidade de intermediários como o carbocátion (SN1)	Uso de intervenções adaptativas para aprofundar a explicação sobre a formação de intermediários (Dood <i>et al.</i> , 2020)
4	Dificuldade em aplicar conceitos de maneira colaborativa e prática em situações experimentais	Ensino invertido para aplicar conceitos em atividades colaborativas e práticas (Anand Selvam & Senapati, 2023)
5	Dificuldade em desenvolver explicações detalhadas e sofisticadas sobre os mecanismos reacionais	Uso de <i>prompt cueing</i> para incentivar explicações mais estruturadas e detalhadas (Crowder <i>et al.</i> , 2024)
6	Foco excessivo em definições e fórmulas, sem mostrar sua aplicação prática. Isso dificulta a conexão entre teoria e fenômenos reais.	Uso de ferramentas digitais interativas, como jogos e quizzes, para revisar conceitos e promover feedback imediato (Hermanns & Keller, 2022; Hermanns <i>et al.</i> , 2023)
7	Falta de engajamento ativo e reflexivo na construção do conhecimento	Envolvimento em atividades colaborativas, como discussões em grupo, para reflexão e construção conjunta do conhecimento (Blackie <i>et al.</i> , 2023)
8	Dificuldade em explicar o mecanismo SN1 de forma clara e precisa	Uso de literatura de pesquisa e intervenções adaptativas para promover explicações mais sofisticadas (Dood <i>et al.</i> , 2020)

Fonte: as autoras (2024)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão sistemática realizada permitiu compreender de forma analítica os principais obstáculos enfrentados pelos estudantes na aprendizagem de reações de substituição nucleofílica e as estratégias didáticas sugeridas para superá-los. Constatou-se que as dificuldades mais recorrentes envolvem a distinção entre os mecanismos SN1 e SN2, a compreensão da formação de intermediários, a influência das condições experimentais, a visualização tridimensional das moléculas e a terminologia específica. A análise crítica da literatura evidenciou que não basta listar tais desafios; é preciso relacioná-los a propostas de ensino que se mostrem adequadas. Nesse sentido, as metodologias investigativas, os recursos digitais e as práticas colaborativas emergem como estratégias promissoras, sobretudo quando aplicadas de forma articulada. A principal contribuição deste estudo está em oferecer um mapa analítico que vincula dificuldades conceituais a soluções pedagógicas, podendo orientar professores na escolha de estratégias e pesquisadores na proposição de novos estudos. Como perspectiva futura, planeja-se ampliar a revisão para

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

outros contextos, como a produção latino-americana em ensino de Química, de modo a enriquecer a compreensão sobre o ensino e aprendizagem dos mecanismos SN1 e SN2 em realidades diversas.

REFERÊNCIAS

- BARNETT-PAGE, E.; THOMAS, J. *Methods for the synthesis of qualitative research: a critical review*. BMC Medical Research Methodology, v. 9, p. 1-11, 2009.
- BRUICE, P. Y. *Química orgânica*. Vol. 1. São Paulo: Person Prentice Hall, 2006. p. 109-125.
- HATTIE, J.; TIMPERLEY, H. *The power of feedback*. Review of Educational Research, v. 77, n. 1, p. 81-112, 2007.
- KLEIN, D. R. *Organic chemistry as a second language: first semester topics*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2024.
- MANAHAN, S. E. *Química ambiental*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- MCMURRY, J. *Organic chemistry*. 9. ed. Boston: Cengage Learning, 2015.
- MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. *Organic chemistry*. 7. ed. Boston: Pearson, 2017.
- ODIAN, G. *Principles of polymerization*. 4. ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2004.
- SAMPAIO, J. A.; MANCINI, M. C. *Metodologia da pesquisa científica: técnicas de pesquisa, redação e normatização*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. *Organic chemistry*. 11. ed. Hoboken: Wiley, 2014.
- SMITH, M. B.; MARCH, J. *March's advanced organic chemistry: reactions, mechanisms, and structure*. 6. ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2007.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química

