



## Software SAE: um recurso multimídia alternativo para o ensino de substituições aromáticas eletrofilicas

**Milian P. S. Silva, Juliana C. Holzbach, Dennis da S. Ferreira, Maike de O. Krauser e Douglas A. Castro**

Neste trabalho, apresenta-se o software SAE, um recurso gratuito desenvolvido para auxiliar no processo de ensino e aprendizado de Substituições Aromáticas Eletrofilicas (SAE) em anéis monossustituídos. O software SAE foi desenvolvido em linguagem JAVA usando a IDE Netbeans. O programa tem potencial para auxiliar o professor a expor o tópico e ajudar os alunos a visualizarem a dinâmica do processo de substituição aromática eletrofilica pois, durante o uso do recurso, o discente faz a escolha dos substituintes, observa a dinâmica do mecanismo e encontra curiosidades relacionadas ao cotidiano e vídeos sobre o tema.

► aprendizagem, tecnologia, química orgânica ◀

Recebido em 01/08/2022, aceito em 01/03/2023

261

**P**ara aprender alguns conteúdos da química é necessário que o estudante desenvolva um pensar mais elaborado e aprimore seu poder de abstração para que haja compreensão a nível subatômico ou submicroscópico, mesmo com comprovações teóricas (Figueiredo e Souza, 2021). Quando um discente consegue aprender temas abstratos sem que seja necessário o uso de materiais concretos, Piaget (2012) diz que o sujeito atingiu o estágio operatório formal, o último nível de desenvolvimento das estruturas da inteligência. Atingir tal nível de abstração não é uma trivialidade.

Em uma de suas pesquisas relacionadas às dificuldades de aprendizagem no ensino superior, Brito (2017) constatou que o alto índice de reprovação em disciplinas na área de química orgânica está relacionado aos problemas de visualização tridimensional das moléculas e dos mecanismos de reação. Contudo, os estudos relacionados às adversidades de aprendizagem em química não são específicos de uma determinada área. Pode-se encontrar discussões sobre o tema nos estudos de Delamuta (2020), Mendes (2007) e Farinaccio (2006), que versam sobre dificuldades em operar com conhecimentos abstratos. Uma das formas de facilitar tal processo é através de jogos, conforme proposto por Figueiredo e Souza (2021).

Em estudos publicados por Medeiros (2020), observa-se que o ensino de química apresenta diversos problemas como,

por exemplo, alunos pouco motivados ao estudo, dificuldade dos professores em selecionar conteúdos de acordo com o desenvolvimento cognitivo e contexto social dos alunos, além de inadequações metodológicas do trabalho docente.

Segundo Castro *et al.* (2019), o ensino de química ainda é ministrado no modelo tradicional, apenas com aulas expositivas em que são apresentados conceitos imutáveis, fórmulas prontas e sem ligação com o cotidiano do aluno, criando distância da sua realidade histórica e social. Nesse contexto, há que se adotar como ponto central que o conhecimento se produz fundamentalmente da prática para a teoria, para que a aprendizagem ganhe significado. Assim, é importante destacar que o processo de ensino e aprendizagem precisa conjugar diferentes metodologias, com vista a desenvolver uma educação transformadora e mais atrativa, e que incite o interesse dos estudantes pelo conhecimento.

É necessário que se use novas abordagens para cativar a atenção desse público tão heterogêneo. Os materiais multimídia se adequam perfeitamente como ferramenta de apoio, visto que usam de diferentes linguagens para transmitir a mensagem. A versatilidade dos materiais multimídia também permite que sejam incorporadas às aulas as características regionais, históricas e sociais. De acordo com Giordan (2005), a mistura de elementos visuais, orais e escritos transmitem informações que produzem diferentes efeitos no processo de ensino e aprendizagem. Em localidades em que não há



infraestrutura de laboratórios, a simulação computacional e a exposição de vídeos podem agregar muito e auxiliar o estudante a diferenciar o senso comum do resultado que de fato ocorre.

Nesse contexto, este trabalho apresenta um novo recurso como alternativa para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem em química orgânica sobre reações de substituição aromática eletrofílica em anéis monossustituídos. Foi proposto e desenvolvido um software denominado SAE (em alusão a Substituição Aromática Eletrofílica), com intuito de disponibilizar, de forma gratuita, um recurso que combina textos e elementos visuais, como imagens e vídeos, na transmissão das informações por meio de uma interface gráfica intuitiva.

### Tecnologias: ação em ascensão no processo educativo

Atualmente, quando se fala em inovação no processo de ensino e aprendizagem, o primeiro assunto que vem à mente são as tecnologias de informação e comunicação (TICs). Pode-se encontrar na literatura diversos trabalhos relacionados ao uso das TICs como recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem (Giordan, 2015; Michel *et al.*, 2004; Moreno e Heidelmann, 2017; Machado, 2016; Nichele e Canto, 2016).

O ensino de química não é exceção e segue essa tendência, pois, como afirmam Nichele e Canto (2016), a química é uma ciência que associa fenômenos macroscópicos, fenômenos submicroscópicos e diversas simbologias próprias, cuja articulação se torna, de forma natural, uma barreira para aprendizagem. Nesse cenário, o uso de tecnologias pode auxiliar na visualização destes processos de difícil assimilação.

Por isso, os produtos de software estão cada vez mais sendo utilizados para dar suporte ao processo de ensino e aprendizagem, como uma alternativa à metodologia tradicional e como forma de motivar o estudante a procurar conhecimento dentro e fora da sala de aula. Cabe deixar claro que um produto de software é um produto cujo componente primário é o software (Kittlaus e Peter, 2018) e sua utilidade é determinada pelas funcionalidades que ele fornece através de suas interfaces (Ferreira e Rodrigues, 2015). Convém ressaltar o importante papel que assume o professor no sentido de atribuir legitimidade aos processos de ensino e aprendizagem mediados por meio da tecnologia educacional e sua versatilidade. De acordo com Leal *et al.* (2020), as ferramentas tecnológicas para o ensino de Química operam consoante a evolução das TICs e encontram amparo diversificado e sofisticado. Levando em consideração a importância dos avanços tecnológicos como facilitadores de aprendizagem e visando à formação integral do indivíduo, pode-se analisar que as interações entre imagem e informação podem auxiliar o docente em

[...] os produtos de software estão cada vez mais sendo utilizados para dar suporte ao processo de ensino e aprendizagem, como uma alternativa à metodologia tradicional e como forma de motivar o estudante a procurar conhecimento dentro e fora da sala de aula.

sala de aula, desde que tenha a apropriação adequada dos recursos tecnológicos. De fato, Freire (1996) afirma que não devemos ser ingênuos apreciadores de tecnologia. Mesmo com toda a sua versatilidade, ainda há muito que se fazer para transformá-la em ferramenta de inclusão social. Como as TICs incorporam diversos recursos para a transmissão de conhecimento e de maneira rápida e dinâmica, a forma como se utiliza esses recursos faz diferença no aprendizado do aluno para que este aprenda melhor (Leite e Leão, 2015).

Leite e Leão (2015) afirmam que são muitas as formas de se usar as TICs como suportes do processo de ensino e aprendizagem. Além dos jogos, a utilização de softwares educativos que abrangem diferentes tipos de linguagens em sua concepção pode democratizar o acesso ao aprendizado. Os softwares LabVirt (Silveira e Vasconcelos, 2017), ChemSketch (Batista *et al.*, 2016) e Avogadro (Batista *et al.*, 2018) são exemplos de recursos que simulam a realidade a fim de confrontar o senso comum dos alunos com a realidade. Mesquita e colaboradores (2021, p. 3) trazem, em particular, um levantamento de trabalhos que usam softwares educacionais aplicados ao ensino de química, “como recursos potencializadores do processo de aprendizagem, por meio de abordagens mais interativas, lúdicas e atraentes”.

### Reações de Substituição Aromática Eletrofílica (SAE)

A vasta aplicabilidade e importância da química orgânica faz com que esse conteúdo seja extensamente abordado em sala de aula. Porém, vários pesquisadores identificaram pontos de maior complexidade de assimilação, tais como: notação de setas no decorrer dos mecanismos, a construção e percepção da utilidade das representações estruturais, conceitos de ácidos e bases, além da importância na compreensão dos mecanismos de reação, conforme Estevama *et al.* (2020), Paulson (1999), Libby (1995), Nelson (2000), Johnstone (2000) e Grove e Bretz (2012).

As reações SAE formam uma classe que está entre as mais amplamente estudadas em toda a química, devido a sua grande aplicabilidade. De forma resumida, essas reações são identificadas pela adição de um eletrófilo ao anel aromático, com posterior eliminação de um próton, formando o produto substituído (Figura 1).

Pode-se observar que a primeira etapa é determinante na velocidade dessas reações, uma vez que a substância aromática e estável reage com o eletrófilo formando um intermediário catiônico (íon arênio), não aromático e com menor estabilidade. Ao analisar a próxima etapa, observa-se que a desprotonação do intermediário é uma etapa rápida pois, com isso, há a retomada da aromaticidade no produto formado (Bruice, 2003).

As reações SAE também ocorrem em anéis aromáticos substituídos. A presença de substituintes nos anéis afeta

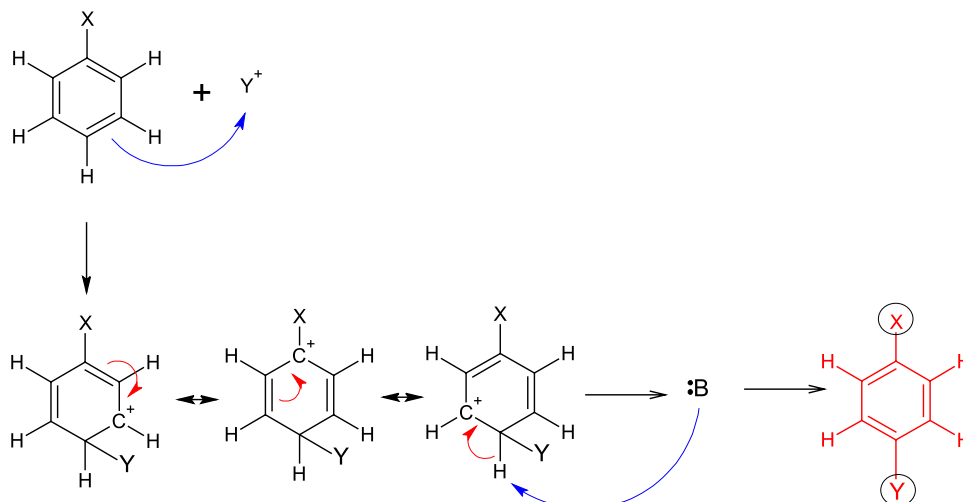


Figura 1: Mecanismo geral de reações de substituição aromática eletrofílica. Fonte: Os autores (2022).

a velocidade e orienta as posições nas quais reações SAE subsequentes podem ocorrer. Esses fatos estão relacionados principalmente à estabilidade do intermediário reacional e à densidade eletrônica em determinadas posições (Bruice, 2003). Essas especificidades, juntamente com as dificuldades de aprendizado da área discutidas anteriormente, podem representar obstáculos na compreensão desse conteúdo pelos discentes.

### Materiais e Método

Para a elaboração do software, a primeira etapa consistiu na identificação da problemática, no estudo da viabilidade técnica, custos e prazos estimados para a sua construção. Essas necessidades formam um conjunto inicial de requisitos, de acordo com Sommerville (2011).

O software SAE foi desenvolvido em linguagem JAVA, através do IDE Apache Netbeans (Netbeans, 2022). A integração foi feita com o pacote de ferramentas denominado Swing UI. É pertinente observar que o desenvolvedor pode iniciar seu projeto a partir da parte que o usuário terá contato, ou seja, pode iniciar criando todos os campos de texto, botões e demais objetos que desejar e a própria plataforma Netbeans cria o código de programação para aqueles objetos introduzidos.

Com a proposta de facilitar a fixação do conteúdo pelos usuários, o software apresenta uma interface visual e, para tanto, foi construído um banco de imagens de diversas moléculas aromáticas substituídas, obtidas através do software ACD/ChemSketch. Para exemplificação, os mapas de potenciais eletrostáticos foram gerados no software HyperChem e, por fim, as animações dos mecanismos gerais foram realizadas no software Microsoft PowerPoint.

Tendo em vista a elaboração do conteúdo do software SAE, foi feito um criterioso levantamento bibliográfico sobre a teoria envolvida nos mecanismos apresentados, através de consulta a livros didáticos de Química Orgânica e utilizando

majoritariamente duas obras: Solomons *et al.* (2012) e Bruice (2003). As legendas e textos foram formulados de maneira sucinta e objetiva, a fim de criar um conteúdo curto e explicativo para cada mecanismo.

O conteúdo contém curiosidades pertinentes ao mecanismo escolhido, as quais coincidem com o tempo da imagem, garantindo sincronia entre a animação e a descrição das etapas dos mecanismos e produto final.

É importante mencionar que o software foi depositado para registro junto ao INPI e estará

disponível de forma gratuita, após a finalização dos trâmites, na página do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Tocantins (PPGQ-UFT).

### Resultados

Ao tratar de reações SAE em anéis monossustituídos, observa-se que, com base na experiência de docência, a problemática no aprendizado desse conteúdo está relacionada principalmente à orientação nas posições de entrada dos substituintes das reações SAE subsequentes. Nesse contexto, a ferramenta multimídia SAE pode ser uma alternativa no processo de ensino e aprendizado.

#### O programa SAE e suas funcionalidades

O programa SAE foi desenvolvido com uma interface intuitiva de fácil uso, de forma a contribuir positivamente ao ensino do tema substituição aromática eletrofílica em anéis monossustituídos.

O uso do IDE Apache Netbeans facilitou o desenvolvimento da interface devido a sua arquitetura modular e a integração com o pacote de ferramentas Swing UI. Dessa forma, o desenvolvedor pode iniciar seu projeto pela interface do usuário. Por exemplo, para criar um botão, o desenvolvedor deve selecioná-lo em uma lista de objetos já prontos e clicar

A presença de substituintes nos anéis afeta a velocidade e orienta as posições nas quais reações SAE subsequentes podem ocorrer. Esses fatos estão relacionados principalmente à estabilidade do intermediário reacional e à densidade eletrônica em determinadas posições (Bruice, 2003).

onde deseja posicioná-lo. Para determinar seu tamanho, o processo também é feito com auxílio do mouse. Todo o processo evita que o desenvolvedor digite várias linhas de código. Após a criação de cada objeto, é necessário que se preencha apenas o código com as funcionalidades que serão atribuídas a ele.

Observa-se que a interface do programa (Figura 2) possui diversos campos com informações que são atualizadas de acordo com as escolhas do usuário, de modo que ele possa interagir e selecionar conforme a função de cada caractere.

No campo I é possível ver um exemplo do anel aromático com a posição do grupo substituinte “X”. Neste campo nada é feito, sua função é apenas a de mostrar ao estudante onde será feita a substituição aromática eletrofílica. No campo II há uma lista de substituintes, a saber,  $NH_2$ ,  $NHR$ ,  $NR_2$ ,  $OH$ ,  $OR$ ,  $NHCOR$ ,  $OCOR$ ,  $R$ ,  $Ar$ ,  $CHCHR$ ,  $F$ ,  $Cl$ ,  $Br$ ,  $I$ ,  $COH$ ,  $COR$ ,  $COOR$ ,  $COOH$ ,  $COCl$ ,  $CN$ ,  $SO_3H$ ,  $NH_2R^+$ ,  $NR_3^+$ ,  $NO_2$ , para que o usuário faça a sua escolha. Nesse campo são listadas todas as opções disponíveis que ocorrem no processo de substituição aromática eletrofílica. Nesse momento, o professor pode chamar a atenção dos alunos e explicar sobre a limitação das possibilidades de escolha.

Feita a escolha do grupo substituinte, basta usar o campo III para escolher o mecanismo de reação clicando na caixa de seleção do mecanismo, que pode ser *Halogenação*, *Nitração*, *Sulfonação*, *Acilação* ou *Alquilação*. Novamente são listadas todas as opções que podem ocorrer no processo de substituição aromática e o professor pode aproveitar o momento para revisar cada um dos conceitos envolvidos nos mecanismos. Após essas escolhas iniciais, automaticamente todas as outras informações são atualizadas e, consequentemente, as novas informações apresentadas dependem das escolhas iniciais do usuário.

O campo IV não está habilitado para a modificação por parte do usuário e é reservado apenas para a visualização do que denominamos “Produto Final”, visto que o conteúdo

apresentado é gerado pela combinação das escolhas anteriores. Ou seja, para cada substituinte e cada mecanismo escolhido nas etapas anteriores, um diferente produto é apresentado no campo IV.

No campo V pode ser observada a caixa de visualização denominada “Você Sabia?”, com curiosidades do cotidiano. Como cada escolha gera um produto diferente, o campo V foi construído com o objetivo de apresentar aos discentes algumas das aplicações ou curiosidades sobre o produto formado e, quando possível, relacionadas ao seu cotidiano. O objetivo em trazer esse campo é mostrar aos alunos que o processo que estão estudando tem aplicações reais que estão muito mais próximas a eles do que podem imaginar.

No campo VI observa-se o “Mapa Potencial”. Fixado à esquerda, tem-se o mapa de potencial eletrostático da molécula do *benzeno*. No mesmo campo, à direita, está o mapa do potencial eletrostático do “Exemplo de ativador/desativador” escolhido anteriormente (neste caso, tolueno ou benzonitrila). A figura é alterada no momento em que a escolha do ativador é feita, e o professor pode aproveitar a imagem para comentar sobre as propriedades que podem ser observadas a partir da distribuição eletrônica de cada uma das moléculas. Se for o caso, o regente da disciplina pode, ainda, comentar sobre as interações intermoleculares e o potencial eletrostático, tudo isso utilizando a figura apresentada pelo software SAE.

Com o intuito de facilitar a visualização dos mecanismos, foram elaborados vídeos referentes às reações nas posições meta e orto/para. Para assistir ao vídeo com informações sobre a orientação meta, basta clicar no botão localizado no campo VII, denominado “Vídeo Meta”. Para assistir ao vídeo com informações sobre orientações de orto e para, basta clicar no botão “Vídeo Orto/Para” localizado no campo VIII. A reprodução dos vídeos se inicia ao clicar no botão do campo IX, com a imagem característica de início de reprodução de áudio/vídeo. O volume pode ser ajustado no campo X, no botão de “Volume”.

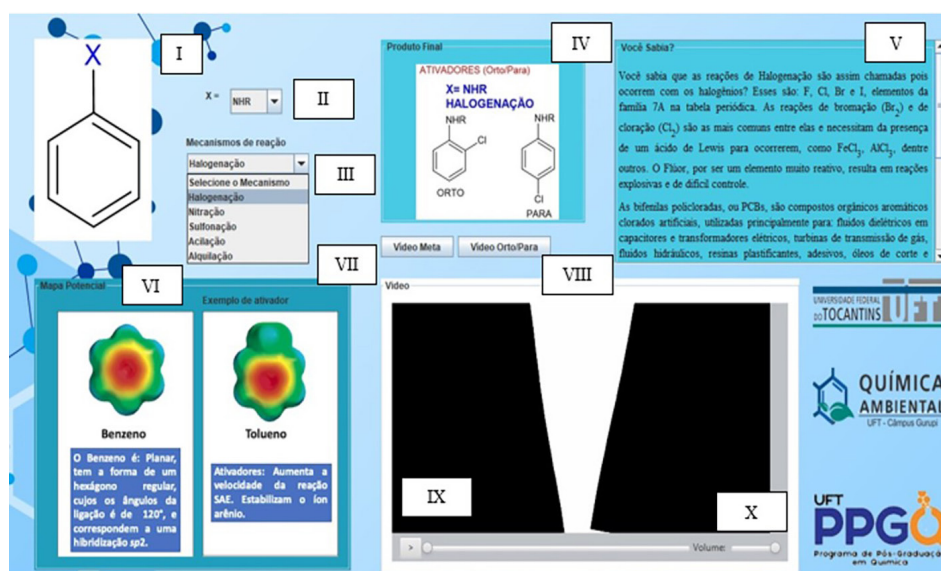


Figura 2: Interface do software SAE. Fonte: Os autores (2022).

O uso desses diferentes tipos de linguagem inseridas no software visa potencializar o ensino de química. O uso de linguagens verbais e não verbais podem ser complementares no processo de ensino e aprendizagem de química. Nesse sentido, as linguagens utilizadas tornam-se ferramentas para que o professor possa estimular o desenvolvimento dos discentes. Por sua vez é esperada uma percepção melhor dos estudantes quanto ao aprendizado.

### Considerações finais

Neste estudo foi apresentado o software SAE, elaborado e construído a partir dos principais desafios encontrados na literatura a respeito das dificuldades na aprendizagem em química.

O software pode ser uma alternativa ao ensino e um facilitador na compreensão de reações de substituição aromática eletrofílica em anéis monossustituídos, uma vez que é capaz de integrar as etapas do mecanismo por meio de vídeos, a visualização dos mapas de densidade eletrônica através de imagens, as posições de reações subsequentes com

a demonstração dos produtos gerados e textos de aplicabilidade dessas reações na produção de substâncias utilizadas no cotidiano.

### Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Tocantins (FAPT) e Universidade Federal do Tocantins.

**Milian Pereira Santana Silva** (milian.pereira@mail.uft.edu.br), mestranda em Química no Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Tocantins (PPGQ-UFT). Gurupi, TO – BR. **Juliana Cristina Holzbach** (juholzbach@mail.uft.edu.br), doutora em Química e docente na Universidade Federal do Tocantins. Gurupi, TO – BR. **Dennis Da Silva Ferreira** (dennis-ferreira10@hotmail.com), doutorando em Química pela Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP – BR. **Maike de O. Krauser** (maike\_krauser@uft.edu.br) doutor em Química e docente na Universidade Federal do Tocantins. Gurupi, TO-BR. **Douglas Azevedo Castro** (dacastro@mail.uft.edu.br), doutor em Matemática e docente na Universidade Federal do Tocantins. Gurupi, TO-BR, bolsista Produtividade em Pesquisa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Tocantins – FAPT. Gurupi, TO – BR.

### Referências

BATISTA, G. C.; LIMA, A. R.; CRISÓSTOMO, L. C. S.; MARINHO, M. M. e MARINHO, E. S. Softwares para o ensino de Química: ChemsSketch®, um poderoso recurso didático. *Revista Educacional Interdisciplinar*, v. 5, p. 1, 2016.

BATISTA, G. C.; MARINHO, E. M.; MARINHO, M. M. e MARINHO, E. S. Avogadro no ensino de química: um avançado editor molecular de visualização de um grande potencial pedagógico. *Revista Educacional Interdisciplinar*, v. 7, p. 1, 2018.

BRITO, P. S. *Estudo investigativo das dificuldades de compreensão nas disciplinas de Química Orgânica no campus Professor Alberto Carvalho*. 2017. 36 f. TCC (disciplina Pesquisa em Ensino de Química II do Departamento de Química) - Universidade Federal de Sergipe, Itabaiana, 2017.

BRUCE, P. Y. *Química orgânica*, vol. 2. 4ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

CASTRO, E. A.; PAIVA, F. M. e SILVA, A. M. Aprendizagem em química: desafios na educação básica. *Revista Nova Paideia-Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa*, v. 1, n. 1, p. 73-88, 2019.

DELAMUTA, B. H.; ASSAI, N. D. S. e SANCHES JÚNIOR, S. L. O ensino de Química e as TDIC: uma revisão sistemática de literatura e uma proposta de webquest para o ensino de Ligações Químicas. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, e149996839, 2020.

ESTEVAMA, I. H. S.; SILVA, E. F. R. e SACRAMENTO, A. P. S. Elaboração e uso de animações como estratégia para o ensino de mecanismos das reações orgânicas. *Química Nova*, v. 43, n. 8, 2020.

FARINACCIO, M. Estratégias utilizadas por crianças, adolescentes e adultos na resolução de problemas cognitivos: um estudo da EJA. *Educação: Teoria e Prática*, v. 14, n. 26, p. 207-212, 2006.

FERREIRA, M. A. D. e RODRIGUES, A. N. Interfaces Educativas: Implicações de design e processos cognitivos do jogo

Nicetown. *Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 2015.

FIGUEIREDO, M. C. e SOUZA, A. R. Jogo Digital e o conceito de aleatoriedade: aplicação e potencialidades para o ensino e a aprendizagem. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 3, p. 278-286, 2021.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: breve revisão crítica acerca de algumas formas de utilização. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 279-304, 2005.

GIORDAN, M. Análise e reflexões sobre os artigos de Educação em Química e Multimídia publicados entre 2005 e 2014. *Química Nova na Escola*, v. 37, no. especial 2, p. 154-160, 2015.

NETBEANS. Disponível em <https://netbeans.apache.org/>, acesso em jun. 2022.

GROVE, N. P. e BRETZ, S. L. A continuum of learning: from rote memorization to meaningful learning in organic chemistry. *Chemistry Education Research Practice*, v. 13, n. 3, p. 201-208, 2012.

JOHNSTONE, A. H. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

KITTLAUS, H. B. e PETER N. C. *Software product management and pricing: Key success factors for software organizations*. Nova Iorque: Springer Science & Business Media, 2018.

LEITE, B. S. e LEÃO, M. B. C. Contribuição da Web 2.0 como ferramenta de aprendizagem: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 8, n. 4, p. 288-315, 2015.

LEAL, G. M.; SILVA, J. A.; SILVA, D. e DAMACENA, D. H. L. As tics no ensino de química e suas contribuições na visão dos alunos. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p. 3733-3741, 2020.

LIBBY, R. D. Piaget and Organic Chemistry: teaching introductory Organic Chemistry through learning cycles. *Journal of Chemical Education*, v. 72, n. 7, p. 626, 1995.

MACHADO, A. S. Uso de Softwares Educacionais, Objetos de Aprendizagem e Simulações no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n.2, p. 104-111, 2016.

MEDEIROS, L. R. Utilização de modelos táteis sustentáveis como alternativa no ensino de Química para alunos com deficiência visual. In.: SÁ, R. O. e ALMEIDA; B. T. (Org.). *Discursos interdisciplinares por uma educação transformadora*. Natal: FAMEN, 2020, p. 35-47.

MENDES, T. S. Dificuldades de aprendizagem em adultos: teoria das defasagens cognitivas. *Aprender, caderno de filosofia e psicologia da educação*, v. 2, n. 9, p. 217-142, 2007.

MESQUITA, J. M.; MESQUITA, L. S. F. e BARROSO, M. C. S. Softwares educativos aplicados no ensino de Química: Recursos didáticos potencializadores no processo de aprendizagem. *Research, Society and Development*, v. 10, n.11, e458101115278, 2021.

MICHEL, R.; SANTOS, F. M. T. e GRECA, I. M. R. Uma busca na internet por ferramentas para a educação química no ensino médio. *Química Nova na Escola*, v. 19, p. 3-7, 2004.

MORENO, E. L. e HEIDELMANN, S. P. Recursos instrucionais inovadores para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 12-18, 2017.

NELSON, D. J. Teaching devices to make learning undergraduate Organic Chemistry easier. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, v. 80, p. 71-78, 2000.

NICHELE, A. G. e CANTO, L. Z. Ensino de química com smartphones e tablets. *RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2016.

PAULSON, D. R. Active learning and cooperative learning in the Organic Chemistry lecture class. *Journal of Chemical Education*. v. 76, n. 8, p. 1136, 1999.

PIAGET, J. *Epistemologia genética*. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2012.

SILVEIRA, F. A. e VASCONCELOS, A. K. P. Investigação do uso do software educativo LabVirt no Ensino de Química. *Revista Tecnologias na Educação*, v. 23, n. 9, p. 1-13, 2017.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. e JOHNSON, R. G. *Química Orgânica*. vol. 2. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

SOMMERVILLE, I. *Engenharia de software*. 9ª ed. São Paulo: Pearson Education, 2011.

### Para Saber Mais

HALFEN, R. A. P. e NACHTIGALL, S.M.B. Experimentos químicos em sala de aula utilizando recursos multimídia: uma proposta de aulas demonstrativas para o ensino de Química Orgânica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 19, n. 2, p. 270-294, 2020.

**Abstract:** *Software SAE: an alternative multimedia resource for teaching electrophilic aromatic substitution.* This work presents the SAE software, a free resource developed to assist in the teaching and learning process of Electrophilic Aromatic Substitutions (SAE) in monosubstituted rings. The SAE software was developed in JAVA language using the Netbeans IDE. The program has the potential to help the teacher to present the topic and help students to visualize the dynamics of the electrophilic aromatic substitution process. When using the resource, students make the choice of substituents, observe the dynamics of the mechanism, and find curiosities related to daily life and videos related to the topic.

**Keywords:** learning, technology, organic chemistry.