



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

MILIAN PEREIRA SANTANA SILVA

**NOVAS ESTRATÉGIAS DO ENSINO/APRENDIZAGEM DE QUÍMICA
ATRAVÉS DO USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÕES
AROMÁTICAS ELETROFÍLICAS EM ANÉIS MONOSSUBSTITUÍDOS**

Gurupi/TO
2022

MILIAN PEREIRA SANTANA SILVA

**NOVAS ESTRATÉGIAS DO ENSINO/APRENDIZAGEM DE QUÍMICA
ATRAVÉS DO USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÕES
AROMÁTICAS ELETROFÍLICAS EM ANÉIS MONOSSUBSTITUÍDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito á obtenção do grau de Mestre(a) em Química.

Orientador: Doutor Douglas Azevedo Castro
Coorientadora: Doutora Juliana Cristina Holzbach

Gurupi/TO
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- S586n Silva, Milian Pereira Santana .
Novas estratégias do ensino/aprendizagem de química através do uso de tecnologias de informação e comunicação no ensino de reações de substituições aromáticas eletrofílicas em anéis monossustituídos. / Milian Pereira Santana Silva. – Gurupi, TO, 2022.
72 f.
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Química, 2022.
Orientador: Douglas Azevedo Castro
Coorientadora : Juliana Cristina Holzbach
1. Softwares de química. 2. Ferramentas de ensino. 3. Aprendizado. 4. Tecnologias de Informação e comunicação. I. Título

CDD 540

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MILIAN PEREIRA SANTANA SILVA

NOVAS ESTRATÉGIAS DO ENSINO/APRENDIZAGEM DE QUÍMICA ATRAVÉS DO USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÕES AROMÁTICAS ELETROFÍLICAS EM ANÉIS MONOSSUBSTITUÍDOS

Dissertação apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi, Programa de Pós-Graduação em Química foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Química e aprovada em sua forma final pelo orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 05 / 09 / 2022

Documento assinado digitalmente
 DOUGLAS AZEVEDO CASTRO
Data: 19/09/2022 09:06:14-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Douglas Azevedo Castro, UFT

Documento assinado digitalmente
 JULIANA CRISTINA HOLZBACH
Data: 09/09/2022 09:40:24-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Juliana Cristina Holzbach, UFT

Documento assinado digitalmente
 PAULO VITOR BRANDAO LEAL
Data: 06/09/2022 07:57:42-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Paulo Vitor Brandão Leal, UFVJM

Documento assinado digitalmente
 MELISSA BUDKE RODRIGUES
Data: 09/09/2022 08:41:05-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Melissa Budke Rodrigues, UFT

*Dedico este trabalho a toda minha família e amigos,
em especial aos meus pais, Joana Pereira e Lázaro Santana,
ao meu irmão Marcos Pereira e sua família, aos meus filhos Isaac e Raquel
e meu esposo Waldicley por todo o amor e apoio em mim depositados.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem Ele nada poderia ter acontecido, pela sua infinita bondade, em me conceder sabedoria e persistência. Pelas bênçãos sem medida, e pelos livramentos e saúde, a Ele seja dada toda honra e Glória, sempre te renderei louvores, pois tu és Santo.

À minha família, meus pais, filhos, irmão, esposo, cunhada, sobrinhos, são tudo para mim, me deram muito apoio, me sustentaram, quando eu imaginei que não iria chegar até o fim, a eles minha eterna gratidão.

Ao meu Professor, orientador, professor, Dr. Douglas Azevedo Castro, minha eterna admiração, qual sábias palavras eu obtive, um excelente profissional, obrigada por ter persistido comigo. A minha coorientadora Dra. Juliana Cristina Holzbach, minha sincera gratidão, pela dedicação, pelas ajudas necessárias a fim de que esse projeto fosse desenvolvido, minha eterna admiração.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Tocantins (PPGQ-UFT). Aos colaboradores na pessoa do discente Dennis da Silva Ferreira e Dr. Maíke de Oliveira Krauser.

Aos meus colegas de curso pelo companheirismo e cumplicidade, pelo apoio, que Deus os abençoe.

Enfim a minha gratidão é externada a todos que conviveram comigo ao longo dessa jornada, que torceram por mim e acreditaram que poderia ir além, em cada passo desenvolvido dessa dissertação.

RESUMO

A inclusão de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ambiente escolar tem se mostrado uma importante ferramenta na contribuição de um melhor ensino-aprendizagem, uma vez que estão inseridos cotidianamente na vida de professores e estudantes. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar a utilização de um software de substituições aromáticas eletrofílicas (SAE), voltado ao ensino de química orgânica, envolvendo o ensino de reações de substituições aromáticas eletrofílicas em anéis monossustituídos. O estudo foi dividido em i) avaliação de estudantes de ensino médio de redes públicas e privadas e a importância da TICs na preparação para olimpíadas de química e ii) desenvolvimento do software e avaliação do uso do software por estudantes do ensino superior. Os resultados da primeira parte indicam que as TICs são vistas como ferramentas importantes para um melhor aprendizado, diante das dificuldades na aprendizagem em química relatadas pela maioria dos estudantes do ensino médio. Quanto à utilização do software, os resultados indicam que o SAE demonstra ser uma potencial ferramenta de aprendizado em reações de substituição aromática eletrofílica, conforme relatado pelos estudantes de ensino superior.

Palavras-chaves: Softwares de química; ferramentas de ensino; aprendizado.

ABSTRACT

The inclusion of Information and Communication Technologies (ICTs) in the school environment has been proved as an important tool that contributes on teaching and learning, once they are daily present in the teachers and students lives. In this sense, the present study aimed to develop and evaluate the use of a software (SAE) on organic chemistry, for learning the content of electrophilic aromatic substitutions in monosubstituted rings. The study was divided into i) evaluation of high school students from public and private institutions about chemistry learning and the importance of ICTs in preparing for chemistry olympiads and ii) evaluation of the use of software by graduation students. The results of the first part indicate that ICTs are seen as important tools for better learning, given the difficulties reported by most high school students. As for the use of the software, the results indicate that the SAE proves to be a potential learning tool in electrophilic aromatic substitution reactions, as reported by graduation students.

Keywords: Chemistry software; teaching tools; learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1. Possibilidades de tecnologias utilizadas no ensino-aprendizagem	17
Figura 2. Programa de química Crocodile Chemistry.....	20
Figura 3. Programa BKChem	21
Figura 4. Orbitais moleculares e densidade eletrônica do Benzeno.....	23
Figura 5. Mecanismo para a reação aromática eletrofílica em anéis monossubstituídos	24
Figura 6. Reatividade de anéis monossubstituídos.....	25
Figura 7. Posição preferencial de entrada do segundo grupo do anel.....	25
Figura 8. Orientação orto/para e meta através da ressonância	27
Figura 9. Fluxograma de etapas de estudo e desenvolvimento do software.....	29
Figura 10. Interface do software SAE.....	32
Figura 11. Seleção do grupo substituinte do anel aromático (NHR)	33
Figura 12. Seleção do mecanismo de reação (Halogenação)	34
Figura 13. Produto final e curiosidade sobre o mecanismo.....	34
Figura 14. Vídeo sobre a dirigência Meta.....	35
Figura 15. Vídeo sobre as dirigências Orto/Para.....	35
Figura 16. O uso de desenhos e esquemas visuais para melhor aprendizagem em química ...	36
Figura 17. O uso de TICs e simuladores de experimentos como facilitadores da aprendizagem em química.....	37
Figura 18. A facilidade no manuseio do software SAE.....	38
Figura 19. A interface do software SAE	39
Figura 20. A contribuição do software SAE para aprendizagem dos estudantes.....	40
Figura 21. Experiência adquirida com o uso do software.....	41
Figura 22. Indicação do software SAE para outros usuários	42
Figura 23. Distribuição por série dos alunos participantes da pesquisa.....	44
Figura 24. Nível de dificuldade de aprendizagem em química	44
Figura 25. Facilidade das aulas práticas no aprendizado em química	45
Figura 26. O uso de computadores por parte dos estudantes.....	46
Figura 27. A utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem em química.....	47
Figura 28. Quantidade de alunos que participaram das olimpíadas de química	48
Figura 29. Informações recebidas sobre as olimpíadas de química	48
Figura 30. Reações I e II com benzeno.....	50
Figura 31. Molécula de cloroquina	50
Figura 32. Esquema reacional a partir do benzenol	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Orientadores orto/para e orientadores meta.	26
Tabela 2. Total de alunos que participaram do Ensino médio.	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNE	Conselho Nacional de Educação
ERM	Erro Relativo Médio
MEC	Ministério da Educação
MPE	Mapa Potencial Eletrostático
PNE	Plano Nacional de Educação
PPGQ	Programa de Pós-Graduação em Química
SAE	Substituição Aromática Eletrofílica
TDIC's	Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação
TICs	Tecnologias da Informação e da Comunicação
TMSF	Tecnologias Móveis e Sem Fio
TO	Tocantins
UFT	Universidade Federal do Tocantins

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos	9
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
3.1 Tecnologias: ação em ascensão no processo educativo	10
3.2 Letramento digital	13
3.3 Os recursos tecnológicos utilizados no processo de ensino-aprendizagem	14
3.4 As tecnologias da informação e comunicação - TICs no processo de ensino-aprendizagem de química	17
3.4.1 Softwares educacionais.....	21
3.5 Química orgânica	23
3.5.1 Estabilidade do benzeno	23
3.5.2 Reação de substituição aromática eletrofílica (SAE)	24
4 METODOLOGIA	28
4.1 Instrumentos de pesquisa	28
4.1.1 Estudo e desenvolvimento do software	28
4.1.2 Aplicação e coleta de dados do software SAE	30
4.2 Aplicação e coleta de dados com alunos do ensino médio	30
5 RESULTADOS E ANÁLISE	32
5.1 Interface e utilização do software SAE	32
5.2 Aplicação do software SAE no ensino superior	36
5.3 A importância do uso de TICs nas olimpíadas de química do ensino médio	43
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
REFERÊNCIAS	54
ANEXO – A QUESTIONÁRIO PARA DISCENTES DO ENSINO SUPERIOR	62
ANEXO – B QUESTIONÁRIO PARA DISCENTES DO ENSINO MÉDIO	64

1 INTRODUÇÃO

Com a finalidade de atenuar as dificuldades de aprendizado por parte de alunos, tanto do ensino médio quanto do ensino superior, tem-se buscado novas metodologias de ensino de química orgânica onde as tecnologias da informação e comunicação podem ser atores ativos no processo de ensino-aprendizagem, com objetivo de romper com o método tradicional de transmissão passiva e cumulativa de conteúdos e se passar a um novo modelo com uma concepção construtivista do processo de ensino (HALFEN *et al*; 2020). Diante disso, o problema a ser pesquisado é **o uso das TICs em química orgânica contribui para o processo de ensino-aprendizagem?**

Estudos publicados por Medeiros (2020) aponta que o Ensino de Química apresenta diversos problemas, como, por exemplo, falta de motivação dos alunos ao ensino, dificuldade dos professores em selecionar conteúdos de acordo com o desenvolvimento cognitivo dos alunos e também de acordo com o contexto social e inadequações metodológicas do trabalho docente. Cada um dos fatos observados impossibilita alcançar um desejável desenvolvimento intelectual do aprendiz.

Para que o estudante consiga compreender alguns conteúdos da química é necessário que tenha um pensar mais elaborado e um poder de abstração mais elevado. Quando este discente consegue desenvolver 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, contudo, uma trivialidade.

Em uma de suas pesquisas relacionadas às dificuldades de aprendizagem (SOUSA et al, 2010), constatou que 62,64% estudantes de ensino médio relataram dificuldades em química, enquanto 86,81% acreditam que a metodologia utilizada tem grande influência no processo de aprendizagem. No ensino superior, os índices de reprovação estão relacionados principalmente a dificuldade na visualização tridimensional de moléculas e mecanismos de reações (BRITO, 2017).

Para auxiliar em todo esse processo de ensino e aprendizagem de química a Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC) vem contribuindo para o acesso ao conhecimento, propiciando novos ambientes de comunicação - síncrona e assíncrona - em que ambas acontecem de forma distinta. No campo educacional, tornam-se inevitáveis tais impactos, oriundos do atual contexto social vivenciado pela sociedade (DOS SANTOS; NEVES; DE

LIMA, 2022). Os estudantes, que, em sua maioria, são “nativos digitais”¹, conectados e imersos em uma quantidade significativa de informações que se transformam continuamente (DIESEL, BALDEZ e MARTINS, 2017).

Segundo Castro *et al* (2019) o ensino de química ainda é ministrado no modelo tradicional de ensino, aulas expositivas, onde são apresentados conceitos imutáveis, fórmulas prontas, sem ligação com o dia a dia do aluno, criando distância da sua realidade história e social. 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-aprendizagem precisa conjugar diferentes metodologias com vistas a desenvolver uma educação transformadora e mais atrativa, que incite o interesse dos estudantes pelo conhecimento.

Justifica-se a pesquisa devido aos grandes avanços tecnológicos, onde as novas tecnologias são inseridas no mercado, por esse motivo a forma de aprender e ensinar está em processo de transformação, e a escola e universidade não podem ficar alheias a esse desenvolvimento. Os instrumentos tecnológicos são ferramentas eficazes para o desenvolvimento das competências e habilidades dos educandos, promovendo autonomia, confiança, determinação entre outros que ajudam na aprendizagem, como o programa SAE – Substituição Aromática Eletrofílica, que vem ao encontro dessa realidade.

Neste trabalho, foi desenvolvida uma ferramenta que pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, um programa denominado SAE, que tem por finalidade, auxiliar o aluno no entendimento de conceitos da Química Orgânica, além de coleta de dados com questionários sobre a importância do uso das TICs na aprendizagem em química, tanto no ensino médio em escolas públicas e privadas e no ensino superior.

É preciso buscar novas metodologias, a partir das quais alunos e professores participem colaborativamente do processo de ensino e aprendizagem, de forma autônoma e crítica (SILVA, STACH-HAERTEL, *et al.*, 2018).

¹Termo apresentado por Marc Prensky, em 2001, para designar os jovens/alunos de hoje que são todos “falantes nativos” da linguagem digital de computadores, videogames e Internet. Em contraposição, caracterizou também os imigrantes digitais, aqueles que não nasceram no mundo digital, mas que, em algum momento de suas vidas, tiveram que se adaptar a nova tecnologia.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Propor o uso de novas tecnologias de informação e comunicação que contribuam no processo de aprendizado, como a construção do software SAE, que visa promover aulas de química orgânica mais dinâmicas e interativas para os discentes do ensino superior.

2.2 Objetivos específicos

- Desenvolver um programa que auxilie professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem de química orgânica a fim de compreenderem os mecanismos de reações aromáticas eletrofílicas em anéis monossustituídos.
- Realizar estudo de caso, para avaliar o uso de software em disciplinas de química em cursos da UFT-Campus Gurupi para analisar a contribuição do uso da tecnologia no ensino superior.
- Avaliar turmas do ensino médio de escolas públicas e particulares de Gurupi, quanto a importância do uso de softwares para a olimpíada regional de química.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Tecnologias: ação em ascensão no processo educativo

Atualmente, na sociedade da informação e comunicação em que se vive, expostos a vários tipos de informação, onde a conversação acontece de forma instantânea. Compreende-se tal momento como abertura para informação de fronteiras, e de certa forma, aumenta-se a aprendizagem dos cidadãos em geral, visto que o acesso às informações mundiais e nacionais pode chegar a todos (KENSKI, 2012).

A integração das tecnologias digitais na educação precisa ser feita de modo criativo e crítico, buscando desenvolver a autonomia e a reflexão dos seus envolvidos, para que eles não sejam apenas receptores de informações (LEITE, 2019). As tecnologias estão gerando uma nova cultura da aprendizagem, com isto, as instituições não podem rejeitar essa nova cultura nos ambientes escolares, no sentido de dinamizar e dar significado ao processo educativo (SOARES; VASCONCELOS, 2018).

Na perspectiva do autor referenciado acima, cabe adentrar e expandir este campo que envolve uma nova cultura proveniente do mundo virtual, denominado de cibercultura, entendida como uma tecnologia digital que se faz presente (na sociedade). Com isto surge uma nova forma de sociedade, que tem impactado a vida das pessoas e, também, o processo de ensino-aprendizagem.

Assim, há que se conscientizarem discentes e docentes, para o entendimento desse novo espaço virtual de aprendizagem, apesar de algumas décadas a cultura digital fazer parte de nossas vidas, a todo o momento surgem novas maneiras de se interagir e aprender.

Nesse sentido, surgem demandas para novos perfis profissionais, acadêmicos, sociais, como também para docentes, discentes e comunidade em geral. Dessa forma, se torna essencial que o professor/escola entenda a importância da formação continuada para ampliação de conhecimentos referentes à temática em pauta e insira as TICs no contexto escolar. A aproximação do mundo digital é uma forte aliada do aprendizado, e pode ser realizada por meio construção de laboratórios de informática e utilização de softwares educacionais (PAULO; BORGES; DELOU, 2018).

Muitas escolas buscam investir em tecnologias, porém esquecem de investir no seu profissional, não adianta possuir todo o aparato tecnológico sem profissionais aptos para utilizá-los. Os professores muitas vezes não estão familiarizados com os programas, softwares existentes ou desconhecem as oportunidades de aprendizado que seu uso pode proporcionar, e

podem ter dificuldade no uso do equipamento ou na preparação e no manejo do equipamento para a aprendizagem (OLIVEIRA; MORTIMER, 2020).

Esse cenário contribui diretamente para a continuidade de práticas pedagógicas ultrapassadas em escolas públicas e particulares, refletindo em uma graduação incompatível ao mundo atual e que tem relação, sobretudo, com a formação desses professores em que pouco foram exploradas e desenvolvidas as habilidades para o uso intencional dessas tecnologias em sala de aula (VIEIRA, 2020).

O uso de tecnologias serve como combustível bastante diversificado de ferramentas que podem estimular e facilitar o processo de aprendizagem, e cabe ao professor ensinar ao aluno como utilizá-las de forma crítica e produtiva (DOS SANTOS; NEVES; DE LIMA, 2022). A educação, apesar de inúmeras evoluções e transformações ao longo dos tempos precisa, constantemente, buscar meios para acompanhar tais mudanças, tendo como amparo metodológico a tecnologia que se torna relevante no processo educativo, no contexto escolar e na aprendizagem significativa dos estudantes (OLIVEIRA; MOURA; SOUSA, 2015).

Nesse contexto, há que se planejar e buscar metodologias adequadas para tornar a aprendizagem significativa, ou seja, o estudante precisa encontrar sentido no que está aprendendo, ser também o protagonista de seu aprendizado, relacionando o que se aprende à sua vida cotidiana. Assim, torna-se fundamental que o educador propicie condições favoráveis, pautadas em situações que o oportunize à observação, análise, reflexão e “a interpretação de aspectos da natureza, os sociais e humanos, instigando a curiosidade do aluno para compreender as relações entre os fatores do desenvolvimento humano” (DUPEYRON *et al*; 2019).

Nessa ótica, é oportuno ressaltar que as TICs são ferramentas que propiciam o acesso à informação e ampliam espaços de comunicação entre as pessoas e o mundo. Estas têm a finalidade de simplificar a vida dos seres humanos, tendo em vista que estas podem ser usadas em qualquer espaço, tanto familiar, empresarial e educacional, este último referendado no contexto acima (CUNHA *et. al*, 2015).

No entanto, como lembram Borges; Sá e Sousa (2020) as aulas não devem se concentrar em como usar um programa de planilhas para inserir os dados coletados, mas devem proporcionar a oportunidade de usar e de aplicar habilidades relevantes aprendidas nas aulas de TIC para avançar com a aprendizagem de ciências.

Portanto, compreende-se que as TICs trazem consigo toda uma gama de possibilidades de realizar um ensino de qualidade, onde os alunos possam ser inseridos num ambiente que estimule sua criatividade, mas se não for bem utilizada pode gerar outras dificuldades ou mesmo

exclusão de alguns alunos, pela falta de equipamentos para serem utilizados por todos ou mesmo a dificuldade encontrada pelo professor ao usar os recursos (CIBOTTO, 2017).

O professor é peça chave no processo de ensino-aprendizagem, não é o elemento mais notável, se considerarmos a presença do aluno, mas a sua importância é reconhecida, principalmente como um importante mediador dos processos de ensino. No contexto tecnológico, este precisa ser um profissional readequado às expectativas da sua formação inicial, pois nem sempre a realidade enfrentada por ele corresponderá às possibilidades vivenciadas em sua formação, isso é em parte normal, pois o ser humano extrapola as probabilidades, é imprevisível. Em contrapartida, pode ser um problema, pois se a formação inicial desse professor não o prepara correspondentemente para a realidade, qual o verdadeiro sentido dela? Esse é um dos paradigmas da atuação do professor no contexto atual, rodeado de tecnologias e indivíduos diversos, em formação (SILVA *et. al*, 2021).

O governo, juntamente com outros órgãos mundiais que estabelecem a educação como um princípio para garantir as mudanças, estabeleceu no Plano Nacional de Educação – PNE, algumas metas a serem alcançadas no que tange à educação brasileira, a meta número quinze diz respeito à formação do professor, vejamos:

Garantir, em regime de colaboração entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, no prazo de 1 ano de vigência deste PNE, política nacional de formação dos profissionais da educação de que tratam os incisos I, II e III do caput do art. 61 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, assegurado que todos os professores e as professoras da educação básica possuam formação específica de nível superior, obtida em curso de licenciatura na área de conhecimento em que atuam (BRASIL, 2014, p. 12).

A formação docente é transpassada de muitas questões, o professor que deseja atuar na sala de aula, quando o faz, depara-se com um cenário diferente daquele dos professores que o fizeram no passado, os alunos ainda trazem consigo uma carga de mudanças constantes, distanciamento da realidade do professor e certo grau de “rebeldia”. Essas são características que sempre existiram, independente do contexto temporal de atuação do professor, mas hoje existe um agravante, a fácil disseminação da internet e recursos tecnológicos que podem facilmente colocar em análise toda e qualquer informação prestada pelo professor em sala de aula (PISCHETOLA, 2016).

A Base Nacional Comum Curricular – BNCC, em sua última versão, homologada no final ano de 2018, contempla a Tecnologia e a Inovação em suas Competências Gerais e em várias áreas do conhecimento de maneiras específicas. Isso implica dizer que se a educação é a base, a tecnologia também é a base dentro do processo educacional. Segundo o texto da BNCC:

“competência geral 5: compreender e utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa e ética” (BRASIL, 2018).

Nesse sentido, a BNCC expõe uma perspectiva dos meios em que a tecnologia pode ser utilizada, em diversas situações, para que o aluno e professor possam fazer o seu uso como de acordo com uma proposta atual de educação, onde o aprendizado se expressa em todos os âmbitos da vida (HEINSFELD; PISCHETOLA, 2019).

Mais que o simples uso das tecnologias, existe a preocupação do uso com sentido, de modo que não há uma recomendação única de uso das tecnologias, pois isso é competência de discussões acerca do seu uso no âmbito que ela for implantada. Também não é lógico utilizar as tecnologias modernas como aporte para uma prática ultrapassada de sala de aula ou modelo educacional, é preciso alinhar o uso das tecnologias com o contexto que vivemos.

3.2 Letramento digital

O desenvolvimento da História da Computação não ocorreu em uma escala linear de tempo, pois foi marcada por interstícios imprevistos, com mudanças repentinas, além das transformações de nomes, datas e invenções. Por isso, observa-se um cenário nada claro em relação à evolução dos computadores (ALMEIDA; ALVES, 2020).

O letramento digital é algo necessário, a cada dia surgem novas ferramentas tecnológicas e para ser um cidadão pleno na sociedade, possuir apenas habilidades de leitura e escrita não é mais suficiente.

Letramento digital, é um certo estado ou condição que adquirem os que se apropriam da nova tecnologia digital e exercem práticas de leitura e de escrita na tela, diferente do estado ou condição do letramento dos que exercem práticas de leitura e de escrita no papel (COSTA; FERREIRA, 2020, p. 15).

O mundo globalizado exige essas novas habilidades e é papel da escola inserir o aluno nessa prática. Fluckiger (2020) comenta sobre o papel da escola que é buscar a emancipação dos estudantes, capazes de construir seu próprio projeto de vida. O letramento digital é uma necessidade na atualidade, devido a uma geração que já cresce fazendo uso das novas tecnologias de informação e comunicação.

Nesse sentido, os espaços escolares exigem a criação de novos ambientes com o surgimento das TIC's, sendo necessário novos procedimentos tecnológicos no ensino-aprendizagem dos alunos e capacitação docente. O não uso dessas novas ferramentas pode projetar a exclusão do estudante da sociedade moderna. Independentemente da faixa etária, para se alcançar então um determinado nível de letramento digital e manter-se inserido na sociedade moderna, é necessário que haja um esforço por parte dos envolvidos neste processo, tanto do

docente em orientar o modo de manuseio dessas ferramentas tecnológicas, quanto do discente em se dispor a aprender (FLUCKIGER, 2020).

As instituições educacionais, em todos os seus diferentes níveis, estão no epicentro dessa discussão, sendo desafiadas a reformular a natureza disciplinar do conhecimento científico. A interdisciplinaridade está na ordem do dia dada à complexidade do real que as diferentes especializações isoladamente não dão conta de explicar. A realidade é complexa, não linear, dinâmica e multidisciplinar (LEITE, 2019).

O progresso do conhecimento no mundo contemporâneo tende a ser temático, e a interdisciplinaridade aparece, então, não como um método de produção de conhecimento entre outros, mas como fundamento mesmo de um conhecimento que se pretende plural e objetivo. É necessária uma mudança de postura do educador, ele deve se preocupar em elaborar as atividades levando em consideração toda a tecnologia que está a sua disposição, saindo da sua zona de conforto e buscando inovar sempre. Propiciando atividades que exijam do professor um papel de orientador, motivador, não apenas um expositor de conteúdos produzidos (NETO, 2020).

Existem inúmeros sites e softwares que podem ser usados em sala de aula, mas o professor deve verificar alguns pontos antes de colocar em prática, como verificar se os comandos estão de acordo com a idade do aluno, evitar usar sites ou softwares que precisem de cadastro ou que possuam bate-papo. Independente do conteúdo trabalhado com softwares, é fundamental reforçar esse aprendizado em outro momento, seja por meio de desenho ou de texto para que o aluno reflita sobre aquilo que aprendeu.

3.3 Os recursos tecnológicos utilizados no processo de ensino-aprendizagem

No atual contexto social, marcado pela era tecnológica, é essencial que os professores tenham consciência da importância de se capacitarem com vistas ao entendimento de como agir frente a essa nova geração, pois precisam se atualizar, buscar novos conhecimentos e informações que os ajudem a desenvolver a mediação e a construção de aprendizagens (BEIRA; NAKAMOTO, 2016). Gonçalves (2016, p.1) reforça:

O mundo tem se transformado e com isso a educação também se reinventa. Trazer recursos do mundo digital para dentro dos muros da escola tem sido um dos muitos desafios enfrentados pelas escolas no Brasil e no mundo, e com as do campo não é diferente. Assim como no uso recreativo, as ferramentas do século 21 são importantes como meio, e não como fim em si na educação (GONÇALVES, 2016, p. 1).

Diante disso, com a TIC, alguns recursos pedagógicos vêm se tornando cada vez menos utilizados e até mesmo obsoletos. Exemplo disso pode-se citar o quadro-negro, giz, projetor de imagens, entre outros. Assim, os docentes que ainda não integraram a tecnologia em sua

metodologia, há que se mudar de postura, reinventar, replanejar e refletir sob sua ação educativa, que atrelada a contemporaneidade e a utilização das novas tecnologias ampliam-se as possibilidades de aprendizagem para discentes e docentes,

Com a pandemia do covid-19, a necessidade de integração e uso de tecnologias se fez ainda mais necessário, visto que com a necessidade do distanciamento social, escolas precisaram suspender as aulas presenciais e grande parte das instituições de ensino deu continuidade aos processos educativos por meio do ensino remoto. Diante de tantas iniciativas e propostas educacionais diferenciadas, o Conselho Nacional de Educação (CNE) publicou em 28 de abril de 2020 parecer favorável à possibilidade de cômputo de atividades pedagógicas não presenciais para fins de cumprimento da carga horária mínima anual e proposta de parecer sobre a reorganização do Calendário Escolar, em razão da Pandemia da covid-19, homologado pelo Ministério da Educação (MEC), em despacho de 29 de maio de 2020 (MARTINS; ALMEIDA, 2020).

O CNE permitiu, desta forma, que atividades não presenciais sejam consideradas para computo do fluxo normal das atividades escolares, com objetivo de reduzir a necessidade de reposição presencial. Refletindo sobre esse “normal”, considera-se que o referido parecer prejudica alguns grupos sociais que não dispõem de aparatos tecnológicos e materiais (computadores, impressoras, livros, wi-fi) para dar continuidade aos estudos (MARTINS; ALMEIDA, 2020).

Os softwares educacionais ampliam as possibilidades do uso dos computadores, contribuindo de forma significativa, inovadora e lúdica no aprendizado do aluno. Com isto, evidencia-se que os computadores, se bem utilizados, possuem um papel muito importante nas instituições de ensino. Desta maneira, torna-se fundamental que os docentes tenham consciência quanto ao uso dos computadores, pois é necessário que sua utilização seja adequada, não simplesmente como máquinas com programas recreativos e dinâmicos, mas sim como facilitador no processo de ensino-aprendizagem dos alunos (SANTOS, 2017).

Alguns exemplos que podem ser citados como aplicações das tecnologias utilizadas para o ensino remoto são as aulas assíncrona e síncrona. As aulas assíncronas, muito utilizadas na época da pandemia da covid-19 refere-se às aulas gravadas pelo professor com a explicação de uma matéria. A aula assíncrona é uma aula pré-gravada pelo professor. As aulas síncronas são realizadas ao vivo em videoconferências em salas privadas (PIFFERO *et al*; 2020).

Na atualidade, há uma série de políticas públicas e programas voltados para a inclusão digital de professores e alunos, além de existir uma indústria de materiais tecnológicos para a

educação: são softwares educativos, coleções de livros e vídeos digitais nas diversas áreas, plataformas online, aplicativos para móveis, entre outros.

Fora tudo isso, ainda há uma série de produções acadêmicas voltadas para a pesquisa sobre as TICs na educação, milhares de livros e manuais publicados, blogs e sites sobre as tecnologias na educação. Muitos são os recursos digitais disponíveis para ampliar as perspectivas de ensino e de aprendizagem dos sujeitos como: softwares educacionais, simuladores virtuais, a própria pesquisa na internet que possibilita os usuários obter informações em frações de segundos (CARMO, 2016).

No contexto do processo de ensino-aprendizagem, a inovação pode estar em estimular nos estudantes o desejo de aprender e em desenvolver as habilidades para "aprender a aprender" (por exemplo, capacidade para resolver problemas e análise crítica, aumentar a autonomia, iniciativa, flexibilidade, e assim por diante). Em ambientes onde o aprendizado visa desenvolver análise e pensamento crítico, os estudantes demonstram retenção do conteúdo em longo prazo e maior capacidade em aplicar o conhecimento no dia-a-dia.

Os produtos de software estão cada vez mais sendo utilizados para dar suporte ao processo de ensino-aprendizagem, como uma alternativa à metodologia tradicional e uma maneira de motivar e engajar mais o estudante dentro e fora da sala de aula. Um produto de software é um produto cujo componente primário é o software (KITTLAUS *et al*, 2018). A utilidade de um produto de software é determinada pelas funcionalidades que ele fornece através de suas interfaces (FRICKER, 2021).

Os softwares podem fornecer *feedback* valioso sobre o aprendizado dos estudantes, mensurar processos de raciocínio e outras habilidades cognitivas complexas, e até mesmo examinar como os estudantes vão pensar sobre o problema (LOONEY, 2019). Segundo Bennet (2018), entre os benefícios do uso de produtos de software pelos estudantes estão: usar funções multimídia para mostrar como eles irão realizar um experimento físico ou alguma outra tarefa de resolução de problemas; prever, observar e explicar conceitos específicos; desenvolver mapas conceituais para mostrar seus entendimentos dos processos e tais mapas podem então ser comparados com mapas de especialistas; e obter feedback do trabalho em tempo real (Figura 1).

Figura 1. Possibilidades de tecnologias utilizadas no ensino-aprendizagem.



Fonte: Carmo (2016)

3.4 As tecnologias da informação e comunicação - TICs no processo de ensino-aprendizagem de química

Nichele e Canto (2018) afirmam que a química é uma ciência que associa fenômenos macroscópicos, fenômenos submicroscópicos e diversas simbologias próprias, cuja articulação se torna, de forma natural, barreiras para aprendizagem. Estudos relativos a metodologias de ensino que viabilizem a compreensão integrada desses fenômenos, por meio da adoção de tecnologias, têm sido propostos.

Assim, sempre que possível deve-se utilizar recursos didáticos que chamem a atenção e estimulem a imaginação dos alunos. De fato, explicar o significado de conceitos básicos por meio da composição de um medicamento, da formação da chuva ácida ou do efeito estufa, do

funcionamento de uma usina nuclear, aguça a imaginação das pessoas, pois elas sentem que o conhecimento abstrato que lhes está sendo transmitido está intimamente ligado ao seu cotidiano (MACHADO, 2016).

A inclusão das tecnologias móveis e sem fio (TMSF), no dia a dia como *smartphones* e *tablets* na educação, colabora para programar diferentes estratégias de ensino e de aprendizagem, oferecendo aos professores e estudantes a mobilidade e a flexibilidade temporal e espacial. Isso tudo acontece graças aos inúmeros aplicativos (*Apps*) que são utilizados para diversas atividades e possibilidade oferecidas por estas tecnologias (NICHELE; CANTO, 2018).

Xavier, Filho e Lima (2019) aponta que as tecnologias para o ensino de Química estão sempre se desenvolvendo, aprimorando e evoluindo, e encontram aplicativos e programas diversificados e sofisticados. Para os autores:

Nesse contexto, cabe salientar que, dentre as ferramentas tecnológicas, estão os softwares, que são um conjunto de componentes lógicos de um computador ou sistema de processamento de dados de programas de computação. A Lei nº 9.609, de 19 de fevereiro de 1998, define software como: «[...] a expressão de um conjunto organizado de instruções em linguagem natural ou codificada, contida em suporte físico de qualquer natureza, de emprego necessário em máquinas automáticas de tratamento da informação, dispositivos, instrumentos ou equipamentos periféricos, baseados em técnica digital ou análoga, para fazê-los funcionar de modo e para fins determinados (XAVIER; FILHO; LIMA, 2019, p. 290).

De acordo com De Melo *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 facilitador de aprendizagem, visando à formação integral do indivíduo, pode-se analisar que as interações entre imagem e informação que as TICs possibilitam podem auxiliar o docente em sala de aula, desde que tenha a apropriação adequada dos recursos tecnológicos.

Essas iniciativas podem ser vistas, no trabalho de Castro *et al* (2021) em que foi desenvolvido um *software* para tratamento de dados de análises de isoterma de adsorção, denominado *GurupiIsotherms Plot (GIP)*, com intuito de disponibilizar, de forma gratuita, uma ferramenta computacional com interface gráfica intuitiva e amigável.

Segundo Castro *et al* (2021, p. 1028):

Investigações computacionais podem ser entendidas como um instrumento preditivo para a orientação de análises experimentais bem como auxílio na compreensão de resultados com o intuito de alcançar maior eficiência além de interpretar vários aspectos de um processo.

Apesar dos esforços dos professores de química orgânica no sentido de levar aulas mais dinâmicas e com o uso dos programas computacionais, tudo será inválido se não houver uma quebra de paradigmas relacionados às dificuldades encontradas no ensino de química.

De acordo com Mesquita *et al* (2021, p. 02):

São várias as dificuldades encontradas no processo de ensino e de aprendizagem de Química, estes são: abstração, ensino centrado apenas em livros didáticos e a linguagem utilizada nestes, falta de contextualização, linguagem utilizada pelos professores e falta de relação dos conceitos a serem ensinados com os conhecimentos prévios dos estudantes.

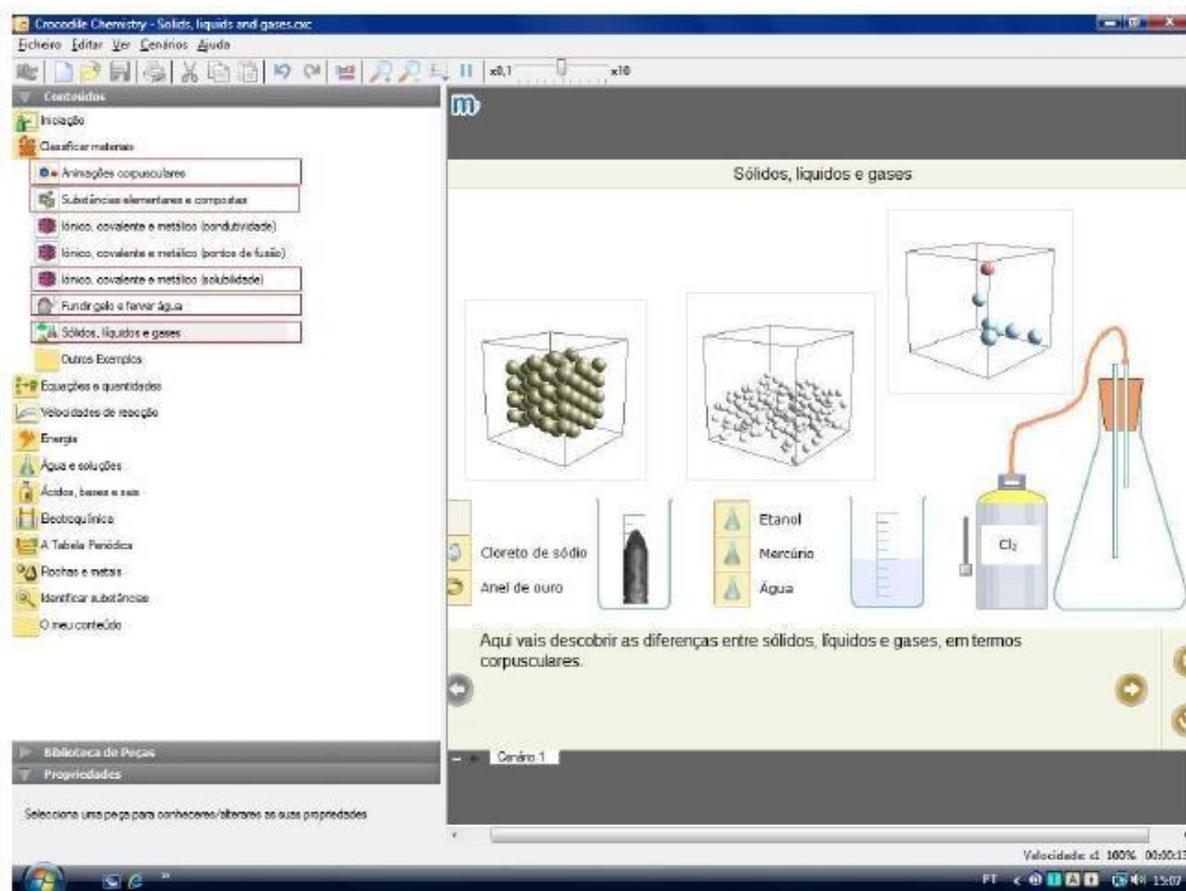
As dificuldades do ensino de química vêm desde a sua introdução na escola, e são somados à ausência de profissionais qualificados, o uso de uma metodologia incorreta e pela falta de materiais para os laboratórios no uso de aulas práticas, que muitas vezes refletirá na sua vida acadêmica durante o ensino superior, pois, não tendo uma base sólida certamente que esses alunos desenvolverão certas limitações nas universidades.

Entretanto, as tecnologias utilizadas hoje para o ensino de química orgânica contêm ferramentas como os programas de computador que podem auxiliar de forma eficiente o processo de ensino-aprendizagem. São muitas as formas de se usar as TICs como suporte do processo de ensino-aprendizagem (Leite; Leão, 2015). Além dos jogos, a utilização de softwares educativos que encapsulam diferentes tipos de linguagem em sua concepção pode democratizar o acesso dos alunos ao aprender. Os softwares PhET Simulações Interativas (Sampaio, 2017), LabVirt (Silveira e Vasconcelos, 2017), ChemSketch (Batista *et al*, 2016) e Avogadro (Batista *et al*, 2018) são exemplos de ferramentas que simulam a realidade a fim de confrontar o senso comum dos alunos com a realidade.

Mesquita (2021) afirma que entre as mais variadas tecnologias utilizadas para o ensino de química, destaca-se os softwares educativos, são programas desenhados com objetivo de favorecer os processos de ensino-aprendizagem para construir conhecimento relativo a um conteúdo didático. Os softwares educativos são classificados de acordo com suas características e vantagens tutoriais, exercício ou prática (quizzes), demonstração, simulação, jogo e monitoramento.

Tavares *et al* (2013) realizaram algumas investigações dos jogos de químicas disponíveis no Google, como o *Crocodile Chemistry* voltado para alunos do Ensino Médio. Esse programa teve como objetivo inserir os alunos de escolas que não tem acesso a laboratório com o programa virtual de laboratório. Como mostra a Figura 2, o programa também traz experiências na área de química inorgânica, abordando sobre a estrutura e estado da matéria (TAVARES; SOUZA; CORREIA, 2013, p. 163 – 164).

Figura 2. Programa de química Crocodile Chemistry.

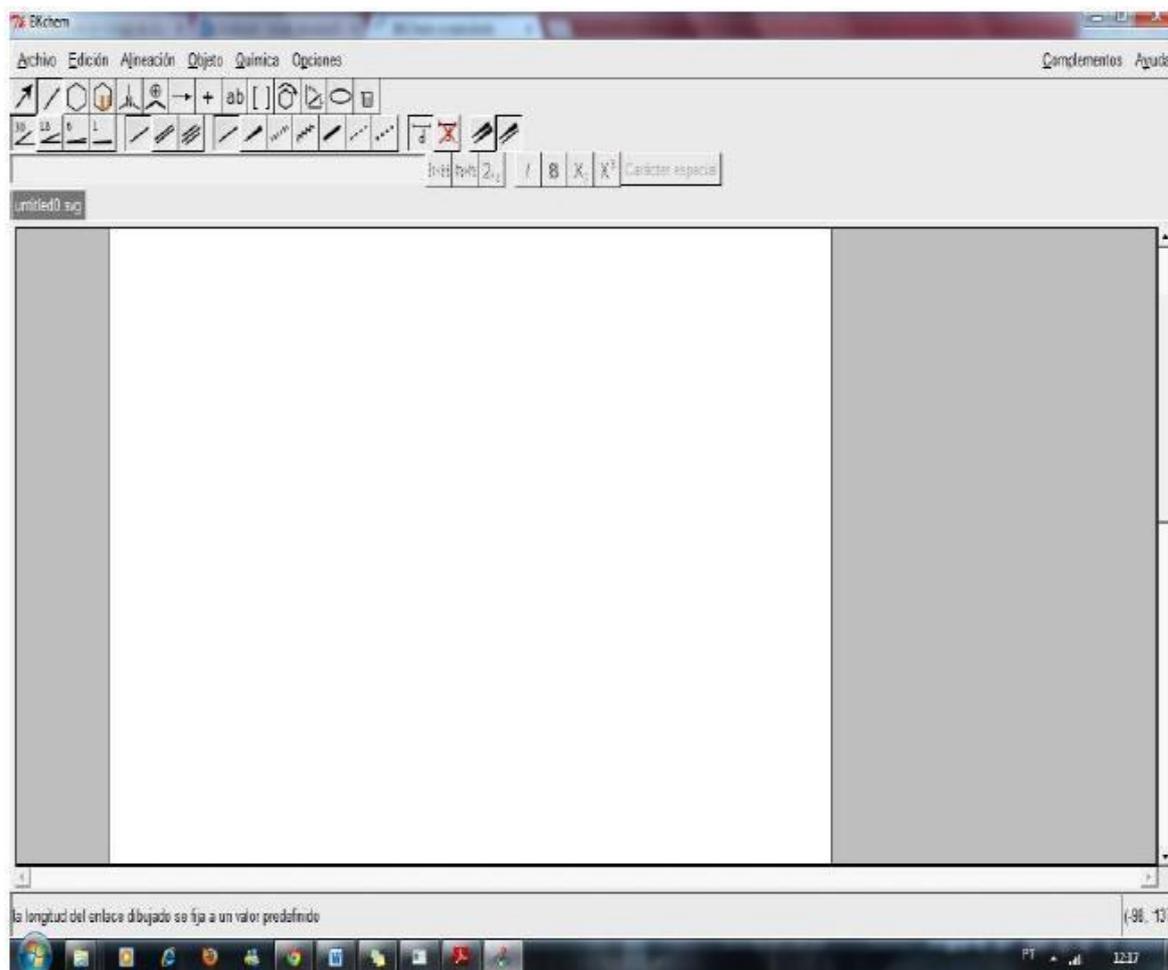


Fonte: www.cienciamao.usp.br (2013)

É um programa de fácil entendimento, para o professor e o aluno, pois está na língua portuguesa, apesar de o nome estar em inglês. O programa é disponível gratuitamente em versão demonstração, pois o software completo é pago.

Outro programa pesquisado por Moreno *et al* (2017) foi o BKCHEM (Figura 3). Esse programa foi criado para construir estruturas orgânicas. Usado nas aulas de química para os alunos desenharem compostos orgânicos. Além do que é um software fácil de ser manipulado.

Figura 3. Programa BKChem.



Fonte: bkchem.zirael.org

Existe uma grande quantidade de softwares utilizados no ensino de química orgânica, onde a maioria está disponível gratuitamente.

3.4.1 Softwares educacionais

A utilização de softwares educativos pressupõe uma avaliação minuciosa, buscando conhecer e identificar suas potencialidades pedagógicas, pois ela pode favorecer o desenvolvimento de habilidade de resolução de problemas, análise e sistematização do conhecimento, habilidades de investigação, relação teoria e prática, entre outros (BARBOSA *et al*, 2019).

É importante destacar que a avaliação de um software educacional está diretamente relacionada à concepção de educação que orienta as escolhas e processos de mediação da aprendizagem, já que existe atualmente uma diversidade de propostas pautadas em diferentes paradigmas educacionais (sociointeracionista, cognitivista, behaviorista, entre outros) (BARBOSA; SOUZA, 2019). Nessa perspectiva, diversos autores abordam esta temática,

elencando critérios relativos à concepção, desenvolvimento, implantação e utilização do software. Alguns critérios que devem ser analisados segundo Barbosa e Souza (2019):

- Interação aluno-software-professor - engloba o papel do professor na mediação da aprendizagem do estudante, as possibilidades de aprendizagem colaborativas e interação entre software e seus usuários. Desdobra-se nos seguintes itens: facilidade de uso – relativo às instruções para o uso, que são: ícones e botões, ferramentas de ajuda e dicas, linguagem, organização e navegabilidade;
- Orientação didático-pedagógica e favorecimento do papel mediador do professor – abrange a presença de orientação ao professor, a explicitação dos objetivos pedagógicos, sugestões para a sua utilização em diferentes circunstâncias e ambientes educacionais, bem como ideias que favoreçam a integração do software às atividades pedagógicas;
- Atividades pedagógicas adequadas – envolvem a coerência com a concepção educacional implícita na proposta pedagógica do software, desdobrando-se no nível das atividades em relação ao nível de conhecimento do usuário, compatibilidade dos desafios e das simulações, a concepção de erro e acerto, na qual a presença destes nas respostas do aluno pressupõem uma resposta, seja no oferecimento de outras tentativas, através de ferramentas de auxílio à superação das dificuldades, seja através da punição, nos softwares de proposta mais tradicional;
- Adequação pedagógica dos recursos de mídia às atividades propostas – englobam os recursos de hipermídia, imagem, animação, sons e efeitos sonoros e sua pertinência às atividades pedagógicas propostas. Desdobra-se na utilização adequada de recursos de hipertexto, sons, imagens e animações das atividades pedagógicas, com quantidade e qualidade que favorecem a aprendizagem do estudante;
- Recursos motivacionais – abrangem o interesse que o software desperta no estudante através da atratividade, receptividade através de interação imediata, desafios pedagógicos, interação com o usuário, interface/layout adequado com recursos visuais e sonoros pertinentes ao contexto;
- Interatividade – abrange as possibilidades de interação de modo coletivo ou individual, na qual o estudante tem a oportunidade de exercer influência sobre o conteúdo e a comunicação, assim como de simultaneamente ser influenciado por este conteúdo e comunicação;

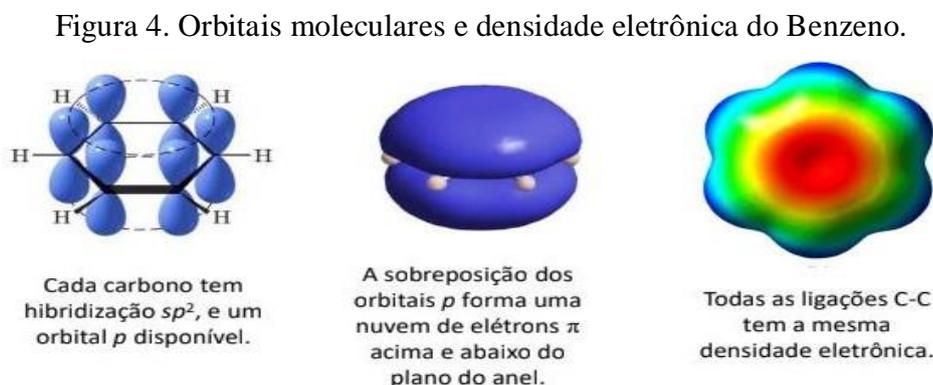
- Conteúdo apresentado – envolve a área de conhecimento selecionada e a pertinência do conteúdo, correção do conteúdo – relativo à correção do conteúdo, sua organização lógica, forma de apresentação (as formas utilizadas para favorecer a compreensão pelo estudante daquele saber não comprometem o entendimento amplo do conteúdo), simplificação (necessário para a compreensão dos diversos tipos de saber, desde que preservados aspectos que não empobrecem ou descaracterizem o conteúdo) e ausência de erros conceituais.

Os critérios apresentados não esgotam as possibilidades para avaliação de softwares, mas buscam elucidar alguns dos principais elementos que devem ser considerados quando na análise de softwares para finalidades educacionais. Nesse contexto, 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.

3.5 Química orgânica

3.5.1 Estabilidade do benzeno

A estabilidade do benzeno pode ser explicada da teoria de ressonância, onde todos os carbonos são hibridizados em sp^2 , possuindo os ângulos de 120° e ligações π e σ alternadas, onde observa-se propriedades intermediárias, além de ser planar e ter a forma de um hexágono (SOLOMONS, 2012). De acordo com a teoria do orbital molecular, cada átomo de carbono possui um orbital p disponível que forma as ligações π com a mesma densidade eletrônica distribuída entre os seis átomos de carbono (Figura 4).



Fonte: Adaptado de Solomons (2012)

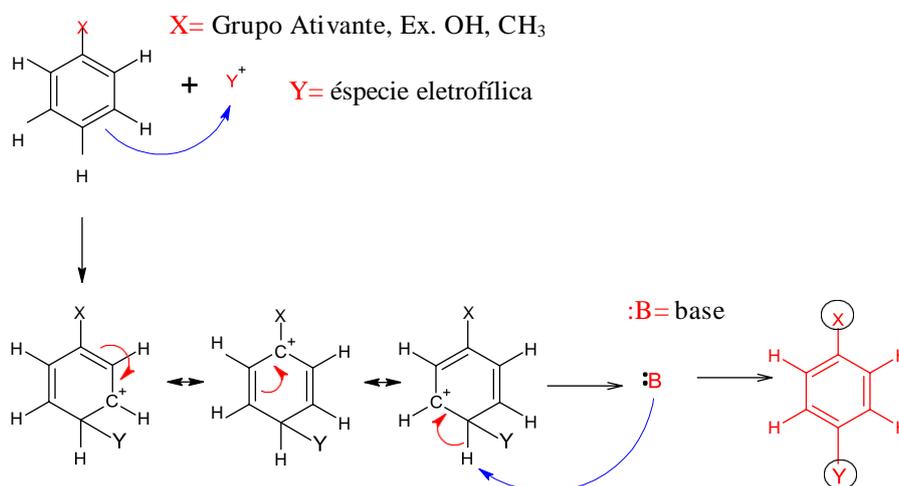
Os compostos aromáticos na presença de reagentes eletrofílicos sofrem reações de substituição eletrofílica em aromática pois sua estabilidade deve ser mantida. No benzeno teremos em reação SAE a eliminação de um átomo de hidrogênio, sendo substituído por um eletrófilo. A reação de substituição permite que o sexteto aromático de elétrons π no benzeno seja regenerado após o ataque do eletrófilo, voltando assim a sua aromaticidade. (SOLOMONS, 2012).

3.5.2 Reação de substituição aromática eletrofílica (SAE)

Estas reações formam uma classe que está entre as mais amplamente estudadas em toda a química, para tanto ressalta alguns principais conceitos dentro da química orgânica. Estas reações são identificadas pela adição de um eletrófilo ao anel aromático, com seguinte eliminação de um próton, formando ao produto substituído (Figura 5).

O que se pode compreender é que a primeira etapa é lenta, devido a substância aromática promover o ataque ao eletrófilo, levando a quebra da aromaticidade pela adição da espécie eletrofílica. Quando analisa-se a próxima etapa, compreende-se que o processo é rápido e ocorre assim a retomada da estabilidade do anel benzênico, devolvendo a sua aromaticidade através da remoção de um próton. (Bruice, 2003).

Figura 5. Mecanismo para a reação aromática eletrofílica em anéis monosubstituídos.



Fonte: A autora (2022)

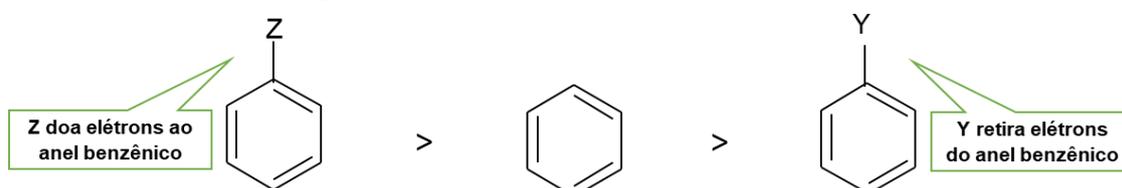
A presença de substituintes no anel aromático altera a reatividade, em relação ao benzeno. A presença de um substituinte (Z) ou (Y) no anel aromático afeta a reação de substituição de duas formas (CAREY, 2011):

I) Aumentando a reatividade (grupo ativador) ou diminuindo a reatividade (grupo desativador);

II) Interferindo na posição preferencial de entrada do segundo grupo do anel;

Há substituintes que aumentam a velocidade das reações SAE, sendo chamados de ativadores, e substituintes que diminuem a velocidade, chamados de desativadores (Figura 6). Observa-se o efeito indutivo e de ressonância do substituinte presente no anel o qual é o responsável pela alteração na reatividade da molécula pois, substituintes capazes de doar densidade eletrônica (são chamados de ativadores) estabilizam o carbocátion e agilizam a formação dos produtos; enquanto substituintes desativadores desestabilizam o carbocátion dificultando a obtenção dos produtos (BRUICE, 2003).

Figura 6. Reatividade de anéis monossustituídos.



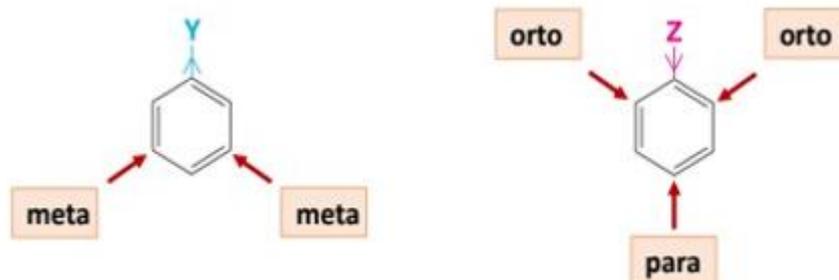
Fonte: Adaptado de Bruice (2003)

Além de alterar a reatividade, os efeitos indutivos e de ressonância dos substituintes orientam a posição de entrada em novas reações SAE (Figura 7), sendo classificados em orientadores orto/para e orientadores meta conforme a Figura 7 e a Tabela 1.

Figura 7. Posição preferencial de entrada do segundo grupo do anel.

Todos os grupos desativadores orientam em meta, com exceção dos Halogênios que orientam orto-para.

Todos os grupos ativadores orientam orto-para.



Fonte: Adaptado de Solomons (2012)

Tabela 1. Orientadores orto/para e orientadores meta.

Substituintes ativantes	Mais ativantes		
<div style="text-align: center;">  </div>	NH_2 $-\text{NHR}$ NR_2 OH OR	Fortemente ativantes	<div style="text-align: center;"> </div>
	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{NHCR} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{OCR} \end{array}$	Moderadamente ativantes	
	R Ar $\text{CH}=\text{CHR}$	Fracamente ativantes	
	H		
	F		
	Cl	Fracamente desativantes	
	Br		
	I		
	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{CH} \end{array}$	Moderadamente desativantes	
	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{CR} \end{array}$		
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{COH} \end{array}$			
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{CCl} \end{array}$			
$\text{C}=\text{N}$ SO_3H			
$^+\text{NH}_3$	$^+\text{NH}_2\text{R}$	Fortemente desativantes	<div style="text-align: center;"> </div>
$^+\text{NHR}_2$	$^+\text{NR}_3$		
	NO_2		
	Mais desativantes		

Fonte: Adaptado de Bruice (2003)

Durante o efeito de ressonância, é possível verificar o deslocamento (doação ou recebimento) de elétrons por meio de uma ligação π , devido a sobreposição dos orbitais p do substituinte com o anel (Figura 8). Para tanto, é importante entender porque grupos ativantes orientam orto-para enquanto grupos desativantes orientam meta.

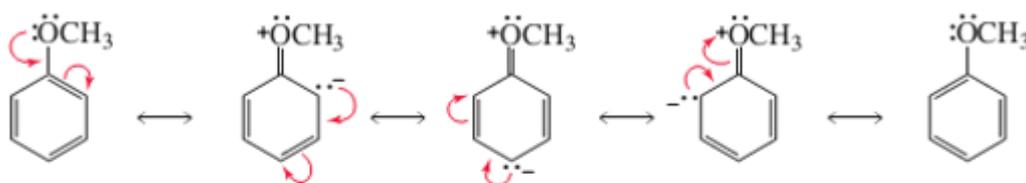
Doação (Grupos ativantes): Acontece quando o substituinte tiver ligação π ou tiver par de elétrons livres capazes de fazer a doação de elétrons por ressonância (cargas negativas nas posições 2,4,6), nesse caso a carga negativa permanece nas posições orto/para (posição de entrada de eletrófilos), mantendo essa ressonância estável dentro dessas posições.

Retirada (Grupos desativantes): Acontece quando o substituinte tiver ligação π ou tiver carga positiva ou parcial positiva fazem a retirada de elétrons por ressonância. Para que aconteça uma melhor estabilidade do intermediário da reação (carbocátion), é necessário que o eletrófilo entre na posição meta, onde a carga positiva permanece nas posições orto/para o qual não ocorrerá a preferencial para a entrada do eletrófilo.

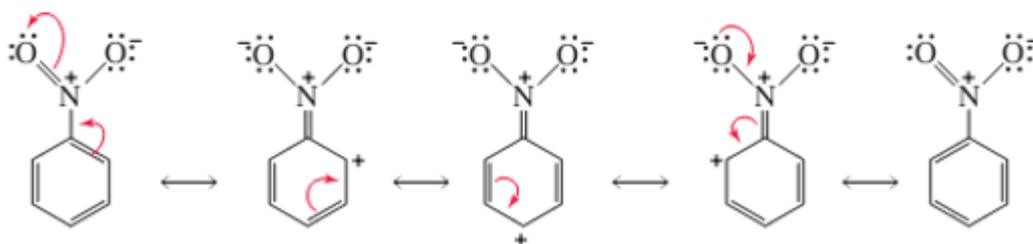
Assim, todos os substituintes que doam elétrons por ressonância são orientados em orto-para, enquanto todos substituintes que retiram elétrons por ressonância são orientados em meta. Com exceção aos Halogênios, estes orientam orto-para por doarem elétrons por ressonância, mas são desativadores fracos por efeito indutivo.

Figura 8. Ressonância e orientações orto/para e meta sob os efeitos de doação e retirada de elétrons.

Doação



Retirada



Fonte: Adaptado de Solomons (2012).

4 METODOLOGIA

Essa pesquisa é caracterizada como quantitativo-qualitativa e foi conduzida em duas partes: i) o desenvolvimento do software SAE, aplicação, coleta de dados e análise da utilização do software com estudantes do ensino superior de química e ii) a coleta de dados e análise para entender de que forma o uso de softwares de química podem auxiliar na preparação de alunos do ensino médio para as olimpíadas de química.

O método de pesquisa foi o estudo de caso, que se refere à estratégia de investigação que abrange todas as abordagens de coletas e análise de dados (YIN, 2015). As técnicas utilizadas foram: observação direta e aplicação de questionário, além da documentação indireta, por meio de pesquisa bibliográfica.

Durante a pesquisa de campo com os estudantes, tanto do ensino médio quanto do ensino superior, visou-se identificar o nível de aprendizagem dos discentes e quais as contribuições do uso de softwares na aprendizagem em química. Para Lakatos e Marconi (2010), a pesquisa de campo não é simplesmente a realização de coleta de dados, mas também do pré-estabelecimento de objetivos que discriminam o que deve ser realmente coletado. O desenvolvimento do software e sua aplicação com os estudantes do ensino superior caracterizaram o estudo também como do tipo aplicado que, segundo Appolinário (2011), busca resolver problemas concretos e necessidades imediatas.

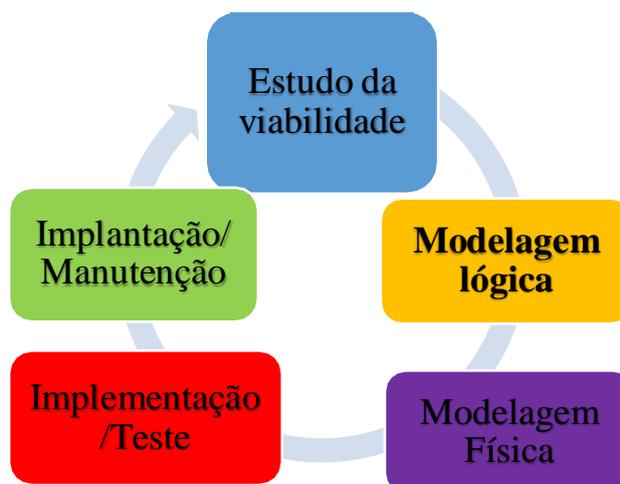
4.1 Instrumentos de Pesquisa

Neste tópico são apresentados os instrumentos de pesquisa que foram utilizados nas partes i) e ii) do presente estudo.

4.1.1 Estudo e desenvolvimento do software

Para o desenvolvimento do software, a primeira etapa consistiu no estudo da viabilidade, em que foram identificadas as necessidades do usuário, sua justificativa, custos e prazos estimados para a sua construção, com a indicação de sua viabilidade técnica e financeira. Estas necessidades formam um conjunto inicial de requisitos, de acordo com Sommerville (2011) (Figura 9).

Figura 9. Fluxograma de etapas de estudo e desenvolvimento do software.



Fonte: Sommerville, 2011 (Adaptado)

Em seguida, durante a etapa de modelagem lógica, os requisitos completos que caracterizam as necessidades do usuário foram detalhados, formando a base para a modelagem do software. Diagramas para o modelo foram então elaborados de acordo com essas necessidades. Tendo como objetivo o desenvolvimento de um software que auxilie professores e alunos no processo de ensino-aprendizagem em química orgânica, a fim de compreenderem os mecanismos de reações aromáticas eletrofílicas em anéis monossustituídos, os requisitos completos para o software foram:

- Apresentar o Mapa Potencial Eletrostático – MPE da molécula de benzeno;
- Possibilitar escolha de substituintes que se ligam a molécula do benzeno
- Mostrar o Mapa Potencial Eletrostático –MPE da molécula com o substituinte;
- Escolher um mecanismo a ser estudado e que depende do substituinte escolhido, por exemplo halogenação, nitração, sulfonação, acilação ou alquilação de Friedel-Crafts, entre outros;
- Dependendo da escolha do mecanismo, apresentar uma curiosidade relacionada contendo imagens e aplicações no dia a dia;
- Exibir vídeos que tragam informações sobre as orientações meta, orto/para e como acontecem as orientações provenientes dos próximos substituintes.

Na etapa de modelagem física, foi definida a tecnologia a ser empregada na operação do software, a estruturação dos dados e as interfaces dos usuários com o software aplicativo,

sendo elaborada a documentação específica para sua operacionalização. O software SAE foi desenvolvido em linguagem Java (WIELENGA, 2015) utilizando o ambiente de desenvolvimento gratuito NetBeans que pode ser executado em várias plataformas, é de código aberto e pode ser usado para desenvolvimento em diversas outras linguagens de programação.

Por último, foi então realizada a etapa de implementação, que consiste na instalação do software aplicativo, seguida pela manutenção corretiva ou evolutiva do software. Nessa fase foram realizados testes para definir se a codificação atendia os pré-requisitos das etapas anteriores, seguindo para a finalização da documentação de operação do software (SOMMERVILLE, 2011).

O software SAE inclui módulos e caracteres de fácil manuseio. Para tal, o usuário precisa apenas clicar na variável X (substituintes ativadores e desativadores), onde poderá observar os mapas potenciais eletrostáticos respectivos, bem como os mecanismos de reações retratando o produto final, curiosidades que são vistas no cotidiano e vídeos demonstrando as orientações orto (o), para (p), meta (m), dirigentes.

4.1.2 Aplicação e coleta de dados do software SAE

O software SAE foi apresentado aos alunos do curso de Química Ambiental da turma (2021.2), contendo 5 alunos e turma (2022.1), contendo 11 alunos da Universidade Federal do Tocantins (Gurupi), na disciplina de Reatividade de Compostos Orgânicos e Química Orgânica, após uma aula teórica sobre substituição aromática eletrofílica em compostos orgânicos, juntamente ao software, foi disponibilizado o manual do usuário.

Após a utilização do software, os alunos foram convidados a responderem um questionário físico contendo dez perguntas sobre o uso da ferramenta (ANEXO A), com o objetivo de avaliar sua aplicabilidade quanto a aprendizagem obtida.

4.2 Aplicação e coleta de dados com alunos do ensino médio

A segunda parte do estudo consistiu na coleta de dados com o objetivo de verificar a importância do uso das TICs no processo de ensino-aprendizagem em química.

Foram selecionadas quatro escolas públicas e três escolas privadas do Município de Gurupi (TO) para a aplicação de um questionário contendo 21 perguntas voltadas a temática do uso de TICs como uma ferramenta facilitadora ao ensino aprendizagem em química, com foco

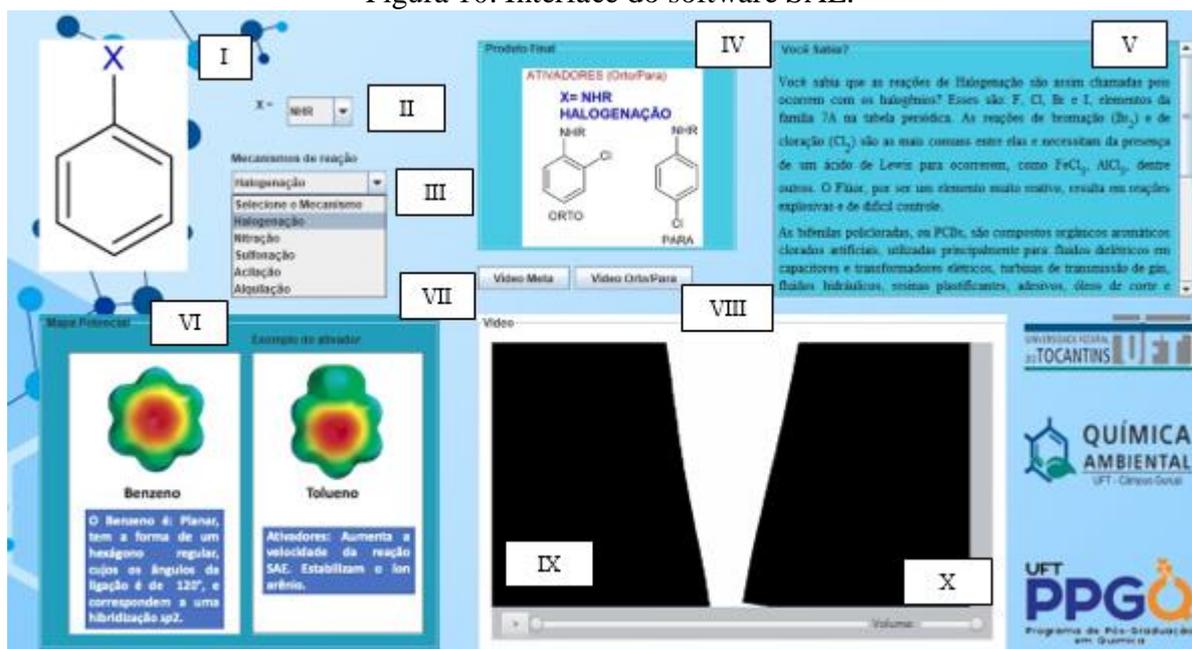
nas olimpíadas de química (ANEXO B). O questionário foi disponibilizado via plataforma do *Google Forms* e os dados coletados e plotados em gráficos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Interface e utilização do software SAE

O software SAE foi desenvolvido com uma interface simples e bastante intuitiva, com o objetivo de facilitar o uso por parte dos usuários. A Figura 10 mostra as particularidades da sua interface.

Figura 10. Interface do software SAE.



Fonte: A autora (2022)

- I. Exemplo anel aromático com a posição do grupo substituinte “X”
- II. Caixa de seleção do grupo substituinte do anel aromático “X” (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)
- III. Caixa de seleção do mecanismo de reação (*Halogenação* / *Nitração* / *Sulfonação* / *Acilação* / *Alquilação*)
- IV. Caixa de visualização “Produto Final”
- V. Caixa de visualização “Você Sabia?”
- VI. Caixa de visualização “Mapa Potencial” e “Exemplo de ativador/desativador” (*Benzeno* | *Tolueno*)
- VII. Botão “Vídeo Meta”
- VIII. Botão “Vídeo Orto/Para”
- IX. Botão “Iniciar”

X. Botão “Volume”

No campo I é possível ver um exemplo do anel aromático com a posição do grupo substituinte “X”. O substituinte é escolhido no campo II, onde consta uma lista com as opções *NH₂*, *NHR*, *NR₂*, *OH*, *OR*, *NHCOR*, *OCOR*, *R*, *Ar*, *CHCHR*, *F*, *Cl*, *Br*, *I*, *COH*, *COR*, *COOR*, *COOH*, *COCl*, *CN*, *SO₃H*, *NH₂R⁺*, *NR₃⁺*, *NO₂*. 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*. Após essas escolhas iniciais, automaticamente, todas as outras informações são atualizadas e, claro, as novas informações apresentadas dependem das escolhas iniciais do usuário.

No campo IV o usuário é capaz de ver a caixa de visualização “Produto Final” gerado por suas escolhas anteriores. No campo V pode ser observado a caixa de visualização “Você Sabia?”, com curiosidades do cotidiano. Já no campo VI observa-se o “Mapa Potencial” fixo da molécula do *Benzeno* e o mapa do “Exemplo de ativador/desativador” escolhido anteriormente (neste caso Tolueno ou Benzonitrila). Para ver informação sobre a orientação meta, basta clicar no botão assinalado no campo VII, denominado “Vídeo Meta”. Para ver informação sobre o outro tipo de orientação, basta clicar no botão “Vídeo Orto/Para” no campo VIII. A reprodução dos vídeos se iniciam 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”. Inicia-se o programa pela escolha do grupo substituinte “X”, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11. Seleção do grupo substituinte do anel aromático (NHR).

The screenshot displays a web-based interface for selecting a substituent on an aromatic ring. At the top left, a benzene ring is shown with a substituent 'X'. Below it, a dropdown menu is set to 'X = NH₂'. To the right, another dropdown menu is labeled 'Mecanismos de reação' with the instruction 'Selecione o Mecanismo'. Below these are two large empty blue boxes labeled 'Produto Final' and 'Você Sabia?'. At the bottom left, there are two panels: 'Mapa Potencial' showing heatmaps for 'Benzeno' and 'Tolueno', and 'Exemplo de ativador' with text: 'Ativadores: Aumenta a velocidade da reação SAE. Estabilizam o íon arênio.' At the bottom right, there is a video player with a volume control slider and logos for 'UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS' and 'UFT - CÂMPUS GURUPI'.

Ao escolher o grupo substituinte, aparece o mapa do potencial eletrostático do anel benzênico e ao lado o anel tolueno, em caso de grupos ativadores, ou a benzonitrila, em caso de grupos desativadores em reações SAE. No caso, o NHR é um grupo ativador, ou seja, contribui para o aumento da velocidade da reação pela estabilização do íon arênio (Figura 11).

Em seguida, faz-se a seleção do mecanismo de reação, conforme a Figura 12. No caso, o mecanismo escolhido foi o de halogenação.

Figura 12. Seleção do mecanismo de reação (Halogenação).

The screenshot shows a software interface for selecting a reaction mechanism. On the left, there is a benzene ring with a substituent 'X'. Below it, a dropdown menu labeled 'Mecanismos de reação' has 'Halogenação' selected. To the right, there are two electrostatic potential maps: one for Benzene and one for Toluene. The Benzene map is labeled 'Mapa Potencial' and the Toluene map is labeled 'Exemplo de ativador'. Below the maps, there is text describing Benzene and Toluene. At the bottom, there is a video player with a play button and a volume control. On the right side, there are logos for 'UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS', 'QUÍMICA AMBIENTAL UFT - Câmpus Gurupi', and 'UFT PPGO Programa de Pós-graduação em Química'.

Fonte: A autora (2022)

Após a seleção ser feita, aparecerão os quadros com o produto final formado e uma curiosidade sobre o mecanismo de reação escolhido, conforme mostra a Figura 13.

Figura 13. Produto final e curiosidade sobre o mecanismo.

The screenshot shows the software interface after selecting the mechanism. The 'Produto Final' section displays 'ATIVADORES (Orto/Para)' and 'X= NHR HALOGENAÇÃO' with chemical structures for ORTO and PARA. The 'Você Sabia?' section contains text about halogenation reactions. The video player at the bottom is still visible. On the right side, there are logos for 'UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS', 'QUÍMICA AMBIENTAL UFT - Câmpus Gurupi', and 'UFT PPGO Programa de Pós-graduação em Química'.

Fonte: A autora (2022)

O software SAE também oferece duas visualizações de vídeo com o conteúdo sobre as dirigências meta (Figura 14) e orto/para (Figura 15) em substituições aromáticas eletrofilicas.

Figura 14. Vídeo sobre a dirigência Meta.

The screenshot shows the SAE software interface for the meta-directing effect. At the top left, a benzene ring has an 'X' substituent, with a dropdown menu set to 'NH₂'. Below it, the reaction mechanism is set to 'Halogenação'. The 'Mapa Potencial' section shows two electrostatic potential maps: one for Benzene and one for Toluene. The Benzene map is labeled 'Benzeno' and has a text box stating: 'O Benzeno é: Planar, tem a forma de um hexágono regular, cujos os ângulos da ligação é de 120°, e correspondem a uma hibridização sp².' The Toluene map is labeled 'Tolueno' and has a text box stating: 'Ativadores: Aumenta a velocidade da reação SAE. Estabilizam o íon arênio.' The 'Produto Final' section shows two products: 'ORTO' and 'PARA', both with an amino group and a chlorine atom. A video player in the center displays the title 'SUBSTITUIÇÃO AROMÁTICA ELETROFÍLICA' and 'DIRIGÊNCIA NOS AROMÁTICOS'. On the right, there is a 'Você Sabia?' section with text about halogenation reactions and Lewis acids. Logos for 'UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS', 'QUÍMICA AMBIENTAL UFT - Câmpus Gurupi', and 'UFT PPGO Programa de Pós-Graduação em Química' are visible on the right side.

Fonte: A autora (2022)

Figura 15. Vídeo sobre as dirigências Orto/Para.

The screenshot shows the SAE software interface for the ortho/para-directing effect. The layout is identical to Figure 14, but the video player in the center displays the title 'SUBSTITUIÇÃO AROMÁTICA ELETROFÍLICA' and 'DIRIGÊNCIA NOS AROMÁTICOS'. The 'Você Sabia?' section on the right contains the same text as in Figure 14. Logos for 'UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS', 'QUÍMICA AMBIENTAL UFT - Câmpus Gurupi', and 'UFT PPGO Programa de Pós-Graduação em Química' are visible on the right side.

Fonte: A autora (2022)

Para assistir ao vídeo sobre orientações meta (Figura 14), clique no botão “Vídeo Meta” e em seguida no botão “Iniciar”. Para assistir ao vídeo sobre orientações orto/para

(Figura 15), clique em “Vídeo Orto/Para” e depois em “Iniciar”. Para ajustar o volume, mova o cursor do botão “Volume”.

5.2 Aplicação do software SAE no ensino superior

O questionário foi aplicado com duas turmas de estudantes do ensino superior do curso de bacharelado em Química Ambiental (UFT – Gurupi), após a utilização do software durante uma aula teórica sobre o assunto Substituição Aromática Eletrofílica, na disciplina de Reatividade de Compostos Orgânicos (CET635), denominada como Turma I; e de Química Orgânica (CET310), denominada como Turma II, nos cursos de bacharelado de Química Ambiental e Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia (UFT Gurupi).

As perguntas foram elaboradas com o intuito de avaliar a satisfação do estudante quanto ao nível de aprendizado e visualização proporcionados pela utilização do software SAE (ANEXO A e B).

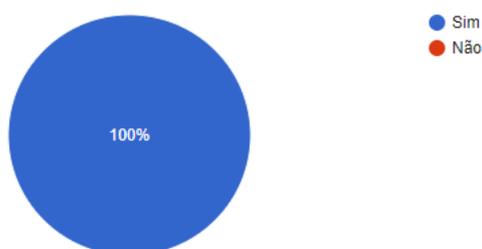
Inicialmente, quando perguntados se acreditam que o uso de imagens, desenhos e esquemas visuais são facilitadores na aprendizagem em química, todos os estudantes responderam que sim (Figura 16).

Figura 16. O uso de desenhos e esquemas visuais como auxiliares na aprendizagem em química.

Turma I - Reatividade dos compostos orgânicos:

1) Você acha que a utilização de imagens, desenhos e esquemas visuais ajudam na sua aprendizagem em química?

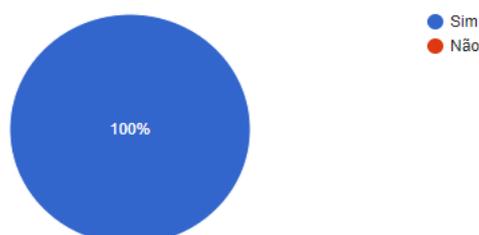
5 respostas



Turma II - Química Orgânica:

1) Você acha que a utilização de imagens, desenhos e esquemas visuais ajudam na sua aprendizagem em química?

11 respostas



Fonte: A autora (2022)

De acordo com Giordan e Góis (2005), a utilização de animações no ensino em química tem como objetivo de auxiliar a visualização de determinadas características dos níveis macroscópicos aos submicroscópicos, por não considerarem escalas como tamanho ou tempo. Dessa forma, a utilização de imagens ajuda no processo imagético mental de conceitos e estruturas abstratos inerentes a essas disciplinas, possibilitando a articulação e o diálogo entre elementos dos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico (GIORDAN 2008 *apud* FROZZA, DOS SANTOS PASTORIZA, 2019).

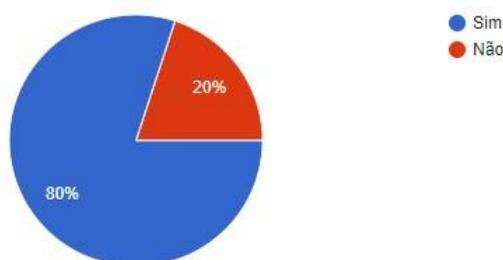
No entanto, quando perguntados quanto ao uso de TICs como ferramentas facilitadoras de aprendizagem de conteúdos em química, por exemplo, simuladores de experimentos, 20% dos estudantes da Turma I disseram que não acreditam ser úteis, ao contrário da Turma II onde todos concordaram que as TICs facilitam no ensino e aprendizagem em química (Figura 17).

Figura 17. O uso de TICs e simuladores de experimentos como facilitadores da aprendizagem em química.

Turma I

2) Na sua opinião, ficaria mais fácil aprender os conteúdos de Química através do uso de tecnologias da informação e comunicação (TIC), como programas de simulação de experimentos de química, por exemplo?

5 respostas



Turma II

2) Na sua opinião, ficaria mais fácil aprender os conteúdos de Química através do uso de tecnologias da informação e comunicação (TIC), como programas de simulação de experimentos de química, por exemplo?

11 respostas



Fonte: A autora (2022)

Uma das hipóteses pelas quais os estudantes da Turma I terem respondido não acreditarem que as ferramentas auxiliam no processo de aprendizagem em química pode estar relacionado ao i) não entendimento do que são as TICs ou ii) pelo desconhecimento sobre softwares educacionais ou iii) por não terem tido uma experiência anterior satisfatória com o uso de softwares.

Diferentemente da Turma I, na Turma II todos os estudantes demonstraram concordância ao responderem que o uso de tecnologias da informação e comunicação contribui para o aprendizado no ensino dos conteúdos de química.

Nas Figuras 18 e 19 são apresentados os dados obtidos sobre a experiência dos alunos com a utilização do software SAE.

Figura 18. A facilidade no manuseio do software SAE.

Turma I

3) Você encontrou facilidade em manusear o software?

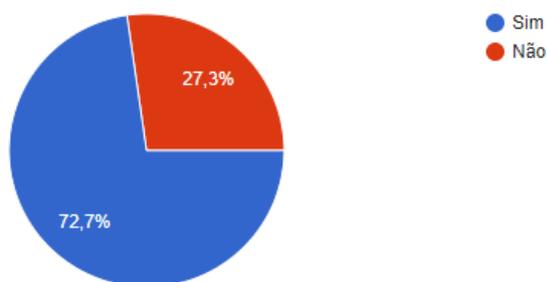
5 respostas



Turma II

3) Você encontrou facilidade em manusear o software?

11 respostas



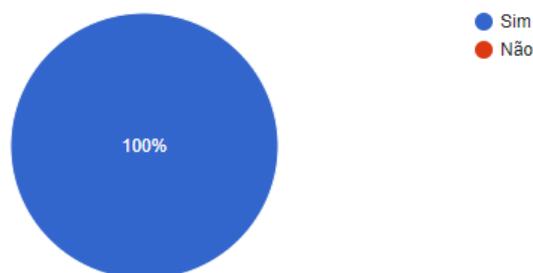
Fonte: A autora (2022)

Figura 19. A interface do software SAE.

Turma I

9) A interface (tela de apresentação e de ações) do software é atraente?

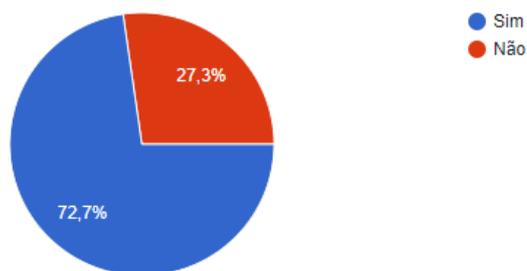
5 respostas



Turma II

9) A interface (tela de apresentação e de ações) do software é atraente?

11 respostas



Fonte: A autora (2022)

De acordo com as Figuras 18 e 19, todos os estudantes da turma I disseram ter achado fácil o manuseio do software SAE, bem como achado a sua interface atraente, já na Turma II cerca de 72,7% dos estudantes levaram em consideração de maneira satisfatória quanto ao manuseio do software SAE, bem como a interface atrativa.

Quanto à aprendizagem obtida pela utilização do software SAE, todos os estudantes da Turma I afirmaram que a utilização do software contribuiu muito para o seu aprendizado, bem como a interação das aulas teóricas e na Turma II cerca de 81,8% consideraram que o software contribuiu muito para o aprendizado ocorrendo uma melhor interação das aulas teóricas. (Figura 20).

De forma geral, todos os estudantes tiveram uma boa experiência com o uso do software, como mostram os resultados nas Figuras 20 e 21.

Figura 20. A contribuição do software SAE para aprendizagem dos estudantes.

Turma I

4) Na sua opinião, a utilização do software, bem como a interação das aulas teóricas contribuíram para a sua aprendizagem?

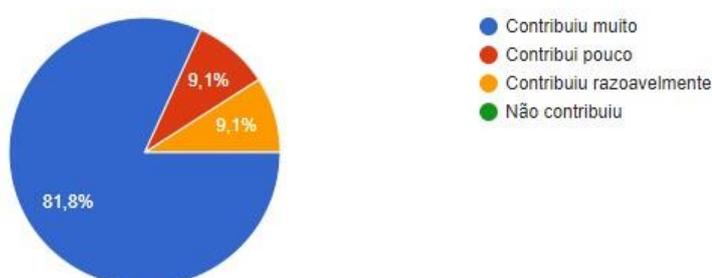
5 respostas



Turma II

4) Na sua opinião, a utilização do software, bem como a interação das aulas teóricas contribuíram para a sua aprendizagem?

11 respostas



Fonte: A autora (2022)

De forma geral, todos os estudantes disseram que o software contribuiu para a sua aprendizagem, juntamente a interação das aulas teóricas. Enquanto na Turma I 100% dos estudantes disseram ter contribuído muito, na Turma II estes foram 81,8%, seguido por 9,1% com pouco e razoavelmente (Figura 20).

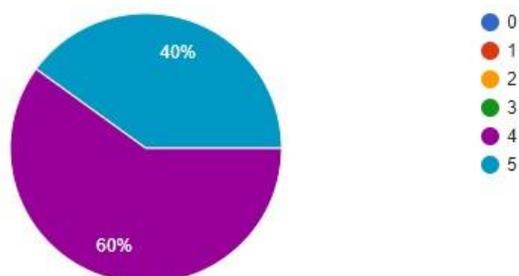
Verificou-se que 60% dos alunos entrevistados da Turma I afirmaram ter aprendido o conteúdo SAE em anéis monossubstituídos com o uso do software SAE (4, em uma escala de 0-5), enquanto 40% afirmaram terem aprendido muito (5), e na Turma II verifica-se um comportamento semelhante quanto a contribuição do aprendizado do conteúdo proposto, em que 63,6% atribuem a nota 4 e 18,2% atribuíram a nota 5 e 18,2% atribuíram a nota 2 (Figura 21).

Figura 21. Experiência adquirida com o uso do software.

Turma I

8) De 0 a 5, sendo 0 "nada" e 5 "muito", quanto você acha que conseguiu aprender o conteúdo SAE (substituição aromática eletrofílica) em anéis monossustituídos?

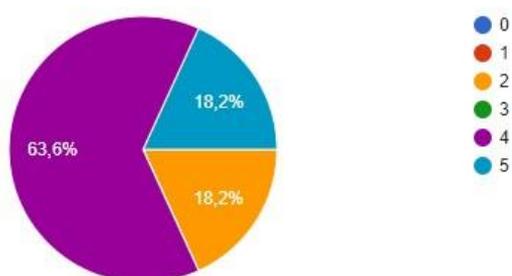
5 respostas



Turma II

8) De 0 a 5, sendo 0 "nada" e 5 "muito", quanto você acha que conseguiu aprender o conteúdo SAE (substituição aromática eletrofílica) em anéis monossustituídos?

11 respostas



Fonte: A autora (2022)

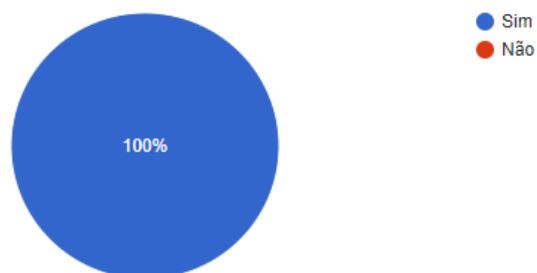
Além disso, os estudantes de todas as turmas disseram que recomendariam o software para outras pessoas (Figura 22).

Figura 22. Indicação do software SAE para outros usuários.

Turma I

10) Recomendaria o software para outros usuários?

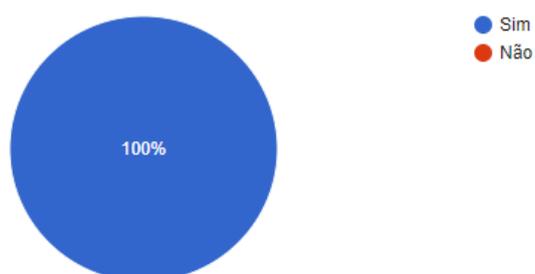
5 respostas



Turma II

10) Recomendaria o software para outros usuários?

11 respostas



Fonte: A autora (2022)

5.3 A importância do uso de TICs nas olimpíadas de Química do Ensino Médio

A análise dos dados foi realizada a partir das respostas obtidas com a aplicação dos questionários no *Google Forms*. Os dados obtidos foram então transformados em gráficos e tabelas com a ajuda do programa *Google Docs*.

A pesquisa foi realizada nos dias 07 de outubro a 02 de novembro de 2021, com estudantes de quatro escolas públicas e três escolas privadas do município de Gurupi (TO), totalizando 413 alunos do ensino médio matriculados em 2021, conforme mostra a Tabela 2.

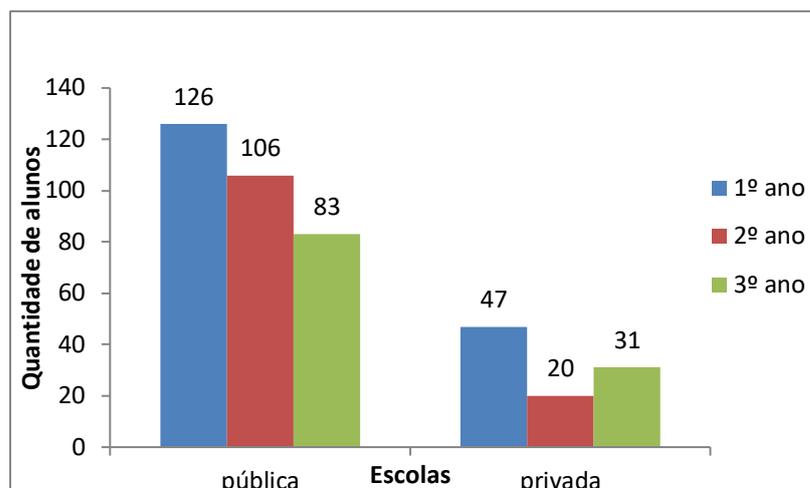
Tabela 2 – Estudantes que participaram da pesquisa com o Ensino Médio.

Escola Pública:	
Nomes dos colégios participantes	Quantidade de alunos
01 - Centro de Ensino Médio Bom Jesus	46
02 – Colégio Militar Presidente Costa e Silva	45
03 – Centro de Ensino Médio de Gurupi	14
04 – Instituto Presbiteriano Araguaia – Ensino Médio	210
Total de alunos	315
Escola Privada:	
Nomes dos colégios participantes	Quantidade de alunos
COC	44
Colégio Objetivo	14
Colégio Adventista	40
Total de alunos	98

Fonte: A autora (2022)

Os participantes da pesquisa foram predominantemente estudantes de escolas públicas do primeiro ano do ensino médio, devido ao quantitativo maior de alunos de escola pública, no geral, que fizeram parte da pesquisa. (Figura 23).

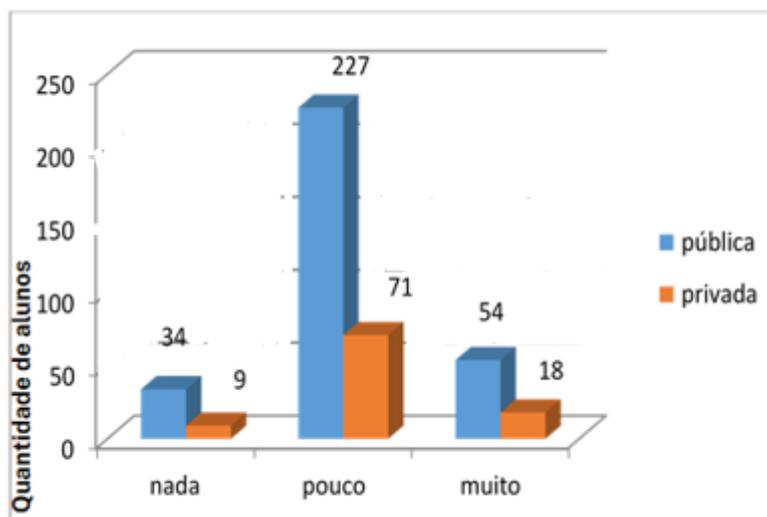
Figura 23. Distribuição por série dos alunos participantes da pesquisa.



Fonte: A autora (2022)

Quando perguntados quanto às dificuldades na aprendizagem em química, a Figura 24 mostra que apenas 10,41% dos estudantes disseram não apresentar nenhum tipo de dificuldade.

Figura 24. Nível de dificuldade de aprendizagem em química.



Fonte: A autora (2022)

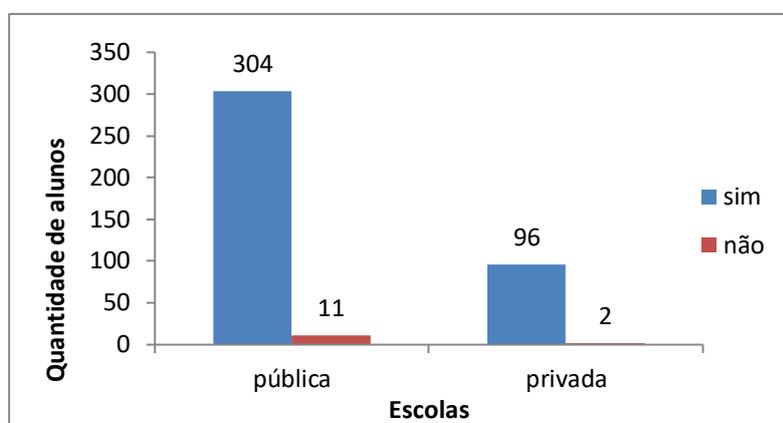
Em contrapartida, a maioria dos estudantes apresentou pouca ou muita dificuldade de aprendizado (89,59%). Este número representa 90,82% dos estudantes na rede privada, enquanto na rede pública, estes representam 89,21% dos entrevistados.

Os dados mostram que os níveis de dificuldade de aprendizado são elevados. Apesar das diferenças dos níveis educacionais entre as redes públicas e privadas, os dados indicam que os estudantes apresentam de forma geral, e em sua maioria, pouca ou muita dificuldade de aprendizagem em química.

As dificuldades relatadas pela maioria dos estudantes são bastante comuns no ensino em Química, dada a natureza abstrata de suas representações e teorias com as quais se relacionam, conforme relatam alguns autores (TABER, 2009; TALANQUER, 2011; TASKIN; BERNHOLT, 2014; TERUYA *et al.*, 2013). Além disso, uma abordagem de ensino-aprendizagem baseada em memorização de nomenclatura de substâncias, por exemplo, contribui diretamente ao fracasso e ao desinteresse do estudante em química.

Ao serem questionados se as aulas práticas auxiliam na aprendizagem em química, 96,85% dos entrevistados acreditam que sim (Figura 25).

Figura 25. Facilidade das aulas práticas no aprendizado em química.



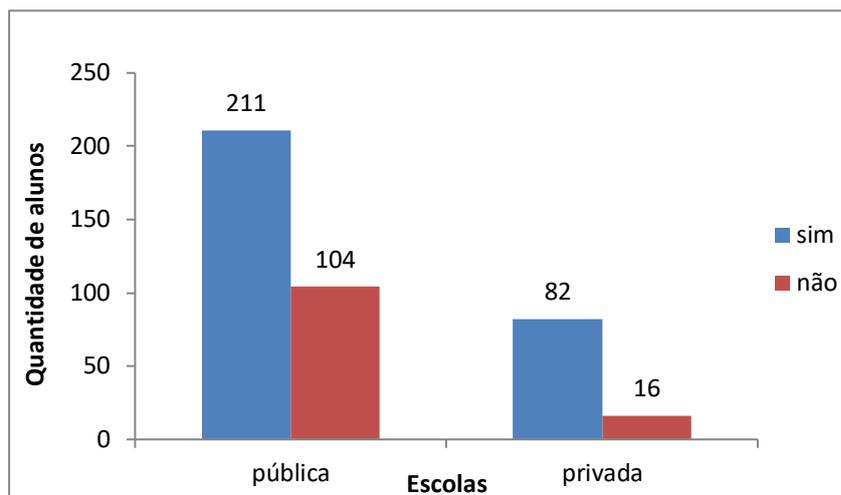
Fonte: A autora (2022)

Atividades lúdicas são capazes de proporcionar diversão e contextualização ao aprendizado, e compreendem tanto atividades experimentais quanto a utilização das tecnologias existentes, sempre visando a construção da motivação nos estudantes, facilitando o seu aprendizado (XAVIER; FILHO; LIMA, 2019).

Em se tratando do ensino em Química, a utilização desses recursos se faz ainda mais importante, uma vez que a maioria dos conceitos estudados são a níveis micro e submicroscópicos, o que dificulta o entendimento e visualização por parte dos estudantes, bem como a contextualização com o ambiente ao qual estão inseridos.

Ao serem questionados quanto ao uso de computadores em casa, é possível observar a diferença entre os estudantes de redes públicas e privadas que têm acesso à tecnologia (Figura 26).

Figura 26. O uso de computadores por parte dos estudantes.



Fonte: A autora (2022)

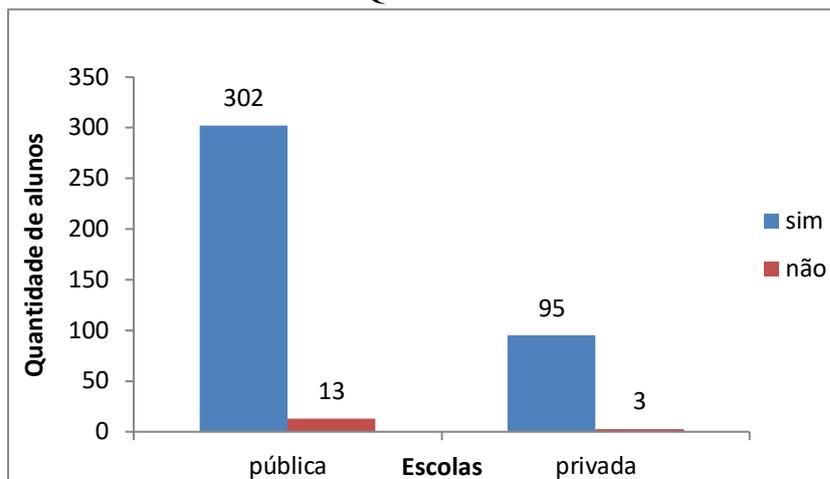
Dos estudantes de escola pública, 33,02% disseram não ter acesso à computadores enquanto nas escolas particulares, o percentual foi de 16,32%.

É importante salientar que o contexto e a desigualdade social são fatores importantes que contribuem para a falta de acesso a computadores por parte dos estudantes, justificando a diferença do percentual entre as escolas públicas e privadas entrevistadas.

Além disso, a prática da tecnologia na escola e, principalmente o uso do computador, ainda é uma atividade restrita, sendo realizada por um pequeno grupo de professores, com práticas isoladas e, em muito dos casos sem suporte teórico que conceda refletir o processo, para que o trabalho do educando possa se tornar efetivo utilizando recursos tecnológicos existentes.

Quando perguntados quanto ao uso de TICs, como programas de simulação de experimentos de química, 96,94% dos estudantes da rede privada afirmaram ser uma ferramenta importante para o aprendizado em química, seguido por 95,87% dos estudantes da rede pública (Figura 27).

Figura 27. A utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem em Química.



Fonte: A autora (2022)

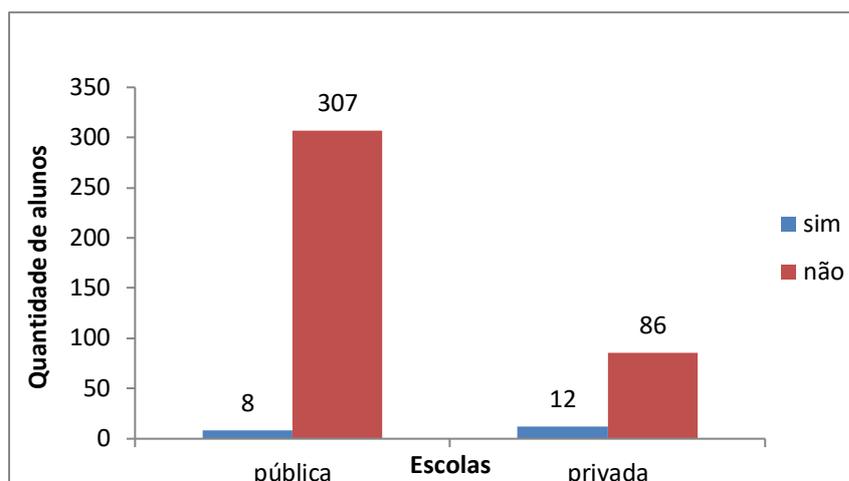
O maior percentual atribuído aos estudantes de escolas privadas que entendem a importância do uso das TICs na aprendizagem em química, pode ser um indicativo de que estes possuem maior contato com essas ferramentas, visto as desigualdades educacionais presentes entre as redes públicas e privadas do país são bastante conhecidas.

Os estudantes estão cada vez mais habituados a buscar informações na internet, por serem de uma geração que cresce utilizando vários recursos tecnológicos desde muito cedo, cercados pelas tecnologias, favorecendo as diversas possibilidades de interação e comunicação. Desse modo, o professor deve permitir ao aluno uma aprendizagem participativa e independente, dando a ele um papel mais importante na busca de conhecimento e no processo de ensino-aprendizagem.

As tecnologias auxiliam, inicialmente, para que o professor reflita de forma mais detalhada sobre a sistematização do trabalho pedagógico e transcender a ação educativa em sala de aula. Vieira Pinto (2005) afirma que, a seleção das técnicas e o sentido que se dá à sua utilização é de responsabilidade de cada um. Cabe ao professor avaliar as fontes de informação e todo conteúdo acessível, atuando como guia.

Em relação às olimpíadas de química, apenas 2,5% dos estudantes de escola pública disseram ter participado, enquanto na rede privada o percentual foi de 12,24% (Figura 28).

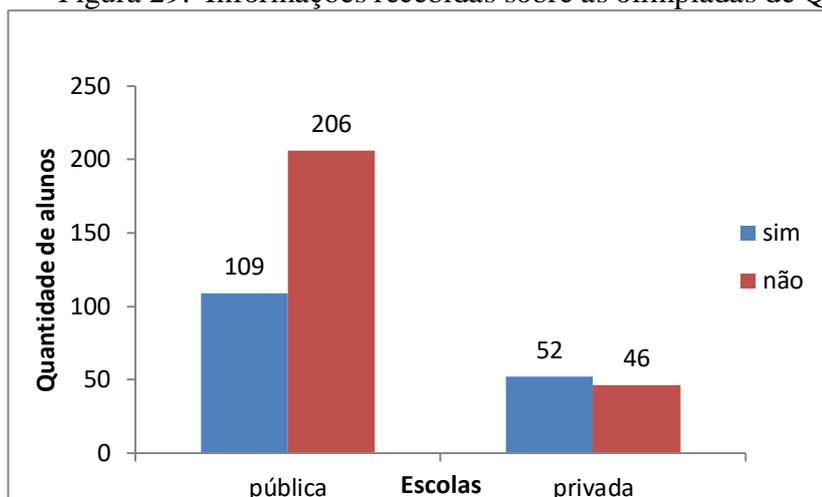
Figura 28. Quantidade de alunos que participaram das olimpíadas de Química.



Fonte: A autora (2022)

Além disso, a Figura 29 mostra que a maioria dos estudantes entrevistados da rede pública não recebeu informações sobre a olimpíada regional de química (65,4%), enquanto na rede privada este percentual foi menor (46,94%).

Figura 29. Informações recebidas sobre as olimpíadas de Química.



Fonte: A autora (2022)

De forma geral, apenas 38,98% dos estudantes afirmam terem recebido informações sobre as olimpíadas e esse pode ser um dos fatores que contribuem para a baixa participação por parte destes, especialmente na rede pública de ensino (Figura 29).

Esse levantamento de dados inicial corresponde à justificativa ao uso do software SAE como uma ferramenta que favorece o preparo dos alunos para as olimpíadas de química. Para isso, também foi realizado um levantamento de questões recorrentes nas provas dos anos anteriores que abordam o conteúdo de substituição aromática eletrofílica. As questões das

provas das olimpíadas de química anteriores que abordaram o conteúdo SAE e seus respectivos anos:

- QUESTÃO 8 (Olimpíadas de 2011)

Os compostos aromáticos, por serem bastante estáveis dão preferencialmente reações de substituição, e, dentre essas, as reações de substituição eletrofílicas são as mais favoráveis. Considerando essas reações, indique a alternativa que apresenta os compostos em ordem crescente de reatividade, numa reação de nitração:

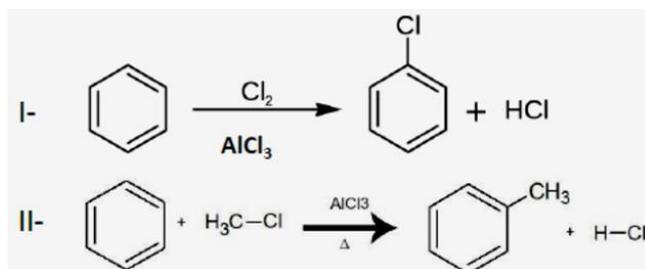
- a) Clorobenzeno, Anilina, Benzeno e Tolueno
- b) Tolueno, Benzeno, Anilina e Clorobenzeno
- c) Benzeno, Anilina, Tolueno e Clorobenzeno
- d) Benzeno, Tolueno, Clorobenzeno e Anilina
- e) Clorobenzeno, Benzeno, Tolueno e Anilina

- QUESTÃO 11 (Olimpíadas de 2018)

A primeira pessoa a isolar o benzeno foi Michael Faraday, em 1825. Contudo, só em 1834, através de Eilhardt Mitscherlich, é que se descobriu que o benzeno seria constituído por seis átomos de carbono e seis átomos de hidrogênio. Em 1865 chegou-se à estrutura proposta

por Friedrich August Kekulé, através de um sonho, no qual uma cobra mordida a própria cauda. Com relação ao benzeno e suas reações, observe (Figura 29):

Figura 30. Reações I e II com benzeno.



Fonte: OB Química (2018)

Diante disso, resolva os seguintes itens:

a) O mecanismo das reações com benzeno ocorre nas seguintes etapas:

1º passo: reação do catalisador + reagente $\rightarrow E^+ + Nu^-$

2º passo: ataque de E^+ ao anel benzênico \rightarrow carbocátion

3º passo: reação do carbocátion + $Nu^- \rightarrow$ produtos

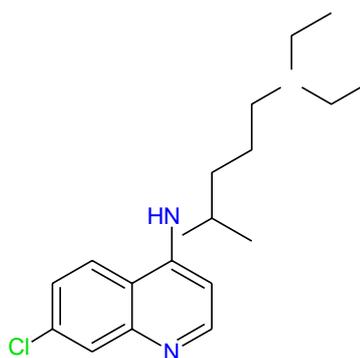
Desenvolva o mecanismo para a reação I.

b) Os produtos obtidos em ambas as reações apresentam os grupos substituintes: CH_3 e Cl . O CH_3 é um grupo ativante e, portanto, orientador *orto,para*-dirigente. Embora o Cl também seja um orientador *orto,para*-dirigente, atua como desativante. Justifique este comportamento do radical cloro.

- QUESTÃO 13 (Olimpíadas de 2020)

O medicamento cloroquina ganhou maior destaque nesse ano de 2020, devido à pandemia de COVID-19. Sua estrutura molecular está abaixo representada. Assinale a alternativa **correta** em relação a essa molécula.

Figura 31. Molécula de cloroquina.



Fonte: OB Química (2020)

- a) A molécula da cloroquina é não polar e estabelece interações intermoleculares do tipo forças de London. Uma função orgânica presente é de amina terciária. O cloro é um grupo desativante do anel aromático.
- b) A molécula da cloroquina não estabelece interação intermolecular do tipo ligação hidrogênio. O cloro é um grupo ativante do anel aromático.
- c) A cloroquina é uma molécula anfifílica e estabelece interação intermolecular do tipo ligação hidrogênio. Uma função orgânica presente é um haleto orgânico. O cloro é um grupo ativante do anel aromático.
- d) A fórmula molecular da cloroquina é $C_{18}H_{26}ClN_3$, sendo uma molécula polar que estabelece interação intermolecular do tipo ligação hidrogênio. As funções orgânicas presentes são: amina primária, amina secundária e haleto orgânico. O cloro é um grupo desativante do anel aromático.
- e) A fórmula molecular da cloroquina é $C_{18}H_{26}ClN_3$. As funções orgânicas presentes são: amina secundária, amina terciária e haleto orgânico. O cloro é um grupo desativante do anel aromático.

- QUESTÃO 29 (Olimpíadas de 2020)

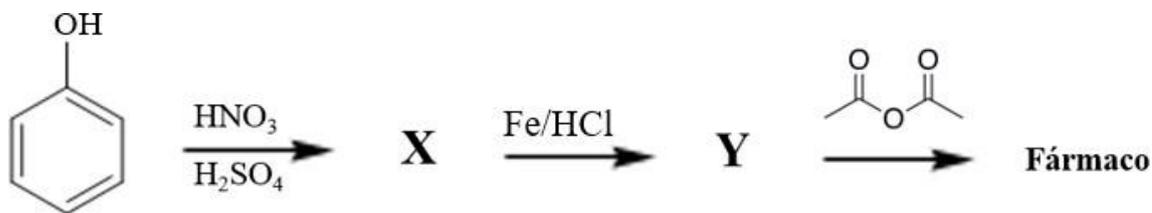
Uma estudante deseja sintetizar isopropilbenzeno em escala laboratorial e, para isso, ela se deparou com uma série de materiais de partida no laboratório de pesquisa em que faz parte. Escolha a alternativa que apresenta os reagentes adequados para a síntese em que o produto desejado é formado majoritariamente.

- a) Benzeno, $AlCl_3$ e 2-cloropropano.
- b) Ácido 2-fenilpropanoico e $NaHCO_3$ a frio.
- c) Benzeno, $FeBr_3$ e bromometano.
- d) 1-bromoetil benzeno, H_2SO_4 e H_2/Pt .
- e) Nenhuma das alternativas apresenta os reagentes adequados.

- QUESTÃO 18 (Olimpíadas de 2021).

A síntese orgânica desenvolve rotas sintéticas utilizadas, por exemplo, para a produção industrial de medicamentos. Em 2021, os pesquisadores laureados com o prêmio Nobel de química (Benjamin List e David W.C. MacMillan) sintetizaram novas moléculas através de organocatálise, úteis para novos produtos farmacêuticos. O esquema reacional abaixo demonstra uma sequência de reações orgânicas utilizada para obtenção de um determinado fármaco de interesse a partir do benzenol (fenol comum).

Figura 32. Esquema reacional a partir do benzenol.



Fonte: OB Química (2021)

Considerando a sequência reacional apresentada, qual afirmação está correta?

- A primeira etapa do processo corresponde a uma reação de substituição eletrofílica no qual o produto X pode ser tanto 2-nitrobenzenol quanto 4-nitrobenzenol.
- Na reação de produção de Y a partir de X, realiza-se uma reação de oxidação, gerando um grupo amino a partir do grupo nitro pré-existente.
- A reação de Y com anidrido acético produzirá o fármaco, que terá a amina como grupo funcional principal.
- O nome sistemático da substância Y é *meta*-aminobenzenol.
- O grupo -OH ligado ao benzeno no benzenol se trata de um grupo *orto/para* dirigente e desativante.

Diante do que foi apresentado, é possível entender a importância do software SAE na preparação dos estudantes do ensino médio para as olimpíadas de química, uma vez que o tema foi abordado em provas anteriores. Além disso, a maioria dos estudantes, de escolas pública e/ou particulares, apresenta dificuldades na disciplina de química, e o software representa uma ferramenta estratégica facilitadora do entendimento de conceitos e representações.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia como ferramenta no processo de ensino-aprendizagem de fato é de extrema importância. Por isso, o software SAE foi desenvolvido com o intuito de ser uma ferramenta auxiliadora no ensino em química, contribuindo na visualização, entendimento e contextualização sobre compostos aromáticos em reações de substituição eletrofílicas.

Foi verificado que os principais desafios encontrados durante a aprendizagem em química estão relacionados a diversos fatores, dentre eles a quantidade de conteúdo da ementa associado a um curto espaço de tempo; a metodologia empregada e as dificuldades de relacionar os conceitos macroscópicos, sub-microscópicos e simbólicos.

Diante disso, o software SAE representa uma ferramenta de auxílio aos estudantes participantes das olimpíadas de química, uma vez que compostos aromáticos e reações SAE já foram temas abordados em provas passadas. Daí a importância do professor se preparar frente a essa realidade e de valorizar, tendo como o software uma ferramenta que pode dar esse suporte dentro de sala de aula.

Com relação a confecção do software, houve uma necessidade de analisar o perfil do nosso público alvo (alunos da rede ensino básico e superior), e os indicadores das quais seria construído e a finalidade em tornar uma ferramenta que pudesse sanar as possíveis dificuldades encontrada pelos discentes ao se deparar com o conteúdo de química orgânica, pensando dessa forma, foi feito passo a passo o software SAE, com precisão de detalhes e significados que viessem ao encontro dessa realidade

O desenvolvimento do software SAE representa um movimento a favor do uso da tecnologia no ensino, reforçando a importância da inserção desses recursos nas novas metodologias de ensino em química. O software SAE foi desenvolvido de forma a trazer praticidade, autonomia e acessibilidade aos estudantes durante o processo de aprendizado.

Os dados coletados das impressões dos discentes do ensino superior demonstraram satisfação no uso da ferramenta e o conteúdo por eles foi assimilado. Dessa maneira foi possível observar que a tecnologia promove estímulos positivos aos alunos, tornando-os construtores de seus conhecimentos, e participantes ativos no processo de ensino aprendizagem.

Portanto, foi demonstrada a importância do software SAE dentro do ensino de química, pois além da possibilidade de visualização e entendimento do conteúdo de maneira mais dinâmica, essa também pode ser uma ferramenta de preparação dos estudantes para provas externas, como nas olimpíadas regionais de química.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Beatriz Oliveira; ALVES, Lynn Rosalina Gama. Letramento digital em tempos de COVID-19: uma análise da educação no contexto atual. *Debates em Educação*, v. 12, n. 28, p. 1-18, 2020.

ALMEIDA, Célio dos Santos; NEVES, Bianca Ferreira; YAMAGUCHI, Klenicy Kazumy de Lima. Relato de experiência: problemáticas e estratégias para o ensino de química. *Pensar Acadêmico*, v. 20, n. 1, p. 80-92, 2022.

APPOLINÁRIO, Fabio. *Dicionário de Metodologia Científica*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 295p. 2011.

BARBOSA, Rafael Santos; SOUZA Ricardo André Cavalcante de. Indicadores de Inovação para Softwares Educacionais. 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) 19 – 22 June 2019, Coimbra, Portugal. 2019.

BATISTA, G.C., Lima, A. R., Crisóstomo, L. C.S., Marinho, M. M., & Marinho, E. S. Softwares para o ensino de Química: ChemsSketch® um poderoso recurso didático. *Redin-Revista Educacional Interdisciplinar*, 5(1), 2016.

BATISTA, G.C., Marinho, E. M., Marinho, M. M., & Marinho, E. S. Avogadro no ensino de química: um avançado editor molecular de visualização de um grande potencial pedagógico. *Redin-Revista Educacional Interdisciplinar*, 7(1), 2018.

BEIRA, Diovane; NAKAMOTO, Paula. A Formação docente inicial e continuada prepara os Professores para o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) em sala de aula?. In: *Anais do XXII Workshop de Informática na Escola*. SBC, p. 825-834, 2016.

BENETT, R.. “How the Internet will help large-scale assessment reinvent itself. The design of instruction and evaluation: Affordances of using media and technology”, p. 101-128, 2018.

BORGES, Ronaldo Da Silva; SÁ, Ézio Raul Alves; SOUSA, Nataly Maria De Oliveira. Concepções dos alunos sobre o uso de simulações interativas como ferramenta no ensino de Química. *Educação Química em Punto de Vista*, v. 4, n. 2, 2020.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm, 2014.

- BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.
- BRITO, P. S. Estudo Investigativo Das Dificuldades de compreensão nas disciplinas de Química Orgânica no Campus Professor Alberto Carvalho --. Universidade Federal de Sergipe, 2017.
- BRUICE, Paula Yurkanis. Química orgânica: volume 2. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.
- CAREY, Francis A. Química Orgânica - 7ª Ed. - Vol. 2. Dados eletrônicos – Porto Alegre : AMGH, 2011.
- CARMO, Valéria Oliveira D. Tecnologias Educacionais. São Paulo, SP: Cengage Learning Brasil, 2016.
- CASTRO, Douglas A.; MILHOMEN, Mateus P.S.; PEREIRA, Douglas H.e LEAL, Paulo V.B. *Gurupi Isotherms Plot (GIP): uma ferramenta com interface gráfica intuitiva e gratuita como alternativa para o cálculo de parâmetros de isoterma de adsorção*. Química Nova. Vol. 44, No.8, 1028-1035, 2021.
- CASTRO, Eder Alonso; PAIVA, Fernanda Marcondes; SILVA, Allan Marques. Aprendizagem em química: desafios na educação básica. Revista Nova Paideia-Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa, v. 1, n. 1, p. 73-88, 2019.
- CIBOTTO, R. A. G.; OLIVEIRA, R. M. M. A. TPACK – Conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: uma revisão teórica. Imagens da Educação, v. 7, n. 2, p. 11-23, 2017.
- COSTA, Carine Rodrigues da; FERREIRA, Rousejanny da Silva. Revisão Sistemática sobre Letramento Digital na Formação de Professores: desafios e possibilidades. *In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 31. 2020, Online. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020.
- CUNHA, Renata Michele R. da; et. al. Os recursos tecnológicos como potencializadores da interdisciplinaridade no espaço escolar. 14f. Monografia - Universidade de Taubaté, Taubaté-SP, 2015.

LEAL, Geovane de Melo et al. 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.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*. v. 14, n. 1, Pág. 268-288, 2017.

DUPEYRON, Danay et al. Desafios e perspectivas no ensino de química: uma reflexão a partir da experiência no curso de farmácia do IMMES. *Revista Arquivos Científicos (IMMES)*, v. 2, n. 1, p. 49-58, 2019.

FARIA, Elaine Turk. O professor e as novas tecnologias. 2004. Disponível em: <[http://aprendentes.pbworks.com/f/prof_e_a_tecnol_5\[1\].pdf](http://aprendentes.pbworks.com/f/prof_e_a_tecnol_5[1].pdf)>. Acesso em: 24/10/2020.

FLUCKIGER, C. Aprender em tempos da epidemia de Covid-19: contribuições da noção de letramento digital. *Hall Open Science*, 2020. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03091230/document>.

FRICKER, Samuel A. "Software product management." *Software for People*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2021. 53-81.

FROZZA, Edson; PASTORIZA, Bruno dos Santos. Avaliação de software educacionais para o ensino da Química em nível superior. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 18, n. 1, p. 224-250, 2019.

GIORDAN, M.; GÓIS, J. Telemática educacional e ensino de Química: considerações sobre um construtor de objetos moleculares. *Linhas Críticas*, Brasília, v. 11, n. 21, p. 285-301, jul. 2005.

GIORDAN, M. *Computadores e Linguagens nas Aulas de Ciências*. Ijuí, RS: Editora da Unijuí, 2008.

GONÇALVES, Mila. O uso de recursos tecnológicos nas salas de aula do campo. 2016. Disponível em: <<http://www.aredo.inf.br/o-uso-de-recursos-tecnologicos-nas-salas-de-aula-do-campo/>>. Acesso em: 24/04/2022.

HALFEN, Renato Arthur Paim et al. 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.

HEINSFELD, Bruna Damiana; PISCHETOLA, Magda. O discurso sobre tecnologias nas políticas públicas em educação. *Educação e Pesquisa*, v. 45, 2019.

KENSKI, Vaani Moreira. *Tecnologias e ensino presencial e a distância*. 9 Ed. Campinas, SP. Papirus, 2012.

KITTLAUS, Hans-Bernd; PETER N. Clough, *Software product management and pricing: Key success factors for software organizations*. Springer Science & Business Media, 2018.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos da metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEITE, Bruno Silva. *Tecnologias no ensino de química: passado, presente e futuro*. *Scientia Naturalis*, v. 1, n. 3, 2019.

LEITE, Bruno Silva; LEÃO, Marcelo Brito Carneiro. 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.

LOONEY, Janet W. "Assessment and innovation in education." *OECD Education Working Paper*. n. 24, 2019.

MACHADO, Adriano Silveira. Uso de softwares educacionais, objetos de aprendizagem e simulações no ensino de química. *Revista Química Nova na Escola*, v. 38, n. 2, p. 104-111, 2016.

MARTINS, Vivian; ALMEIDA, Joelma. Educação em Tempos de Pandemia no Brasil: Saberes fazeres escolares em exposição nas redes. *Revista Docência e Cibercultura*, v. 4, n. 2, p. 215-224, 2020.

MEDEIROS, L.R. Utilização de modelos táteis sustentáveis como alternativa no ensino de Química para alunos com deficiência visual. *Discursos Interdisciplinares por uma Educação Transformadora* _, v. 35, 2020.

MESQUITA, James de Melo; MESQUITA, Lidivânia Silva Freitas e BARROSO, Maria Cleide da Silva. Softwares educativos aplicados no Ensino de Química: Recursos didáticos potencializadores no processo de aprendizagem. *Research, Society and Development*, v. 10, n.11, 2021.

MORENO, Esteban Lopez; HEIDELMANN, Stephany Petronilho. Recursos instrucionais inovadores para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 12-18, 2017.

NASCIMENTO, F. G. M., & ROSA, J. V. A. Princípio da sala de aula invertida: uma ferramenta para o ensino de química em tempos de pandemia. *Brazilian Journal of Development*, 6(6), 38513-38525, 2020.

NETO, Joaquim Maria Ferreira Antunes. Sobre ensino, aprendizagem e a sociedade da tecnologia: por que se refletir em tempo de pandemia?. *Prospectus* (ISSN: 2674-8576), v. 2, n. 1, 2020.

NICHELE, A. G.; CANTO, L. Z. Aplicativos para o ensino e aprendizagem de Química Orgânica. *Renote*, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 1-10, 21 ago. 2018. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, Cláudio de; MOURA, Samuel Pedrosa; SOUSA, Edinaldo Ribeiro. TIC's na educação: A utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno. *Pedagogia em ação*. v.7, n.1, 2015.

OLIVEIRA, Leandro; MORTIMER, Eduardo Fleury. Os percursos de transformação da ação mediada por recursos educacionais: o ponto de vista de uma professora de Química orgânica de ensino superior. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v. 22, 2020.

PAULO, Paula Rodrigues NF; BORGES, Márcia Narcizo; DELOU, Cristina Maria C. Produção de materiais didáticos acessíveis para o ensino de química orgânica inclusivo. *Revista Areté*, v. 11, 2018.

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

PIFFERO, Eliane de Lourdes Fontana et al. Metodologias ativas e o ensino remoto de biologia: uso de recursos online para aulas síncronas e assíncronas. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, p. e719108465-e719108465, 2020.

PISCHETOLA, Magda. Inclusão digital e educação: a nova cultura da sala de aula. Editora Vozes Limitada, 2016.

SAMPAIO, Iracilma da Silva. O Simulador PhET como recurso metodológico no ensino de reações químicas no primeiro ano do ensino médio com aporte na teoria de Ausubel. Orientadora: Josimara Cristina de Carvalho Oliveira. 2017. 104 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista/RR, 2017. Disponível em: <https://uerr.edu.br/ppgec/wpcontent/uploads/2018/05/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Iracilma.pdf>.

SANTOS, Fábila Magali. Avaliação de Software Educativo: Reflexões para uma Análise Criteriosa. 2017. Disponível em: <http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/tecnologia/0001.html>. Acesso em: 24/04/2022.

SANTOS, Suzana Gomes dos. Letramento digital na formação inicial de professores: a visão de graduandos de pedagogia EaD. *Educação (UFES)*, v. 41, n. 3, p. 579-592, 2016.

SILVA, Andreson Patrício da; STACH-HAERTEL, Brigitte Ursula e OLIVEIRA, Eliane Rodrigues. As metodologias ativas aplicadas ao Ensino Médio, *International Conference*, p. 16-19, 2018.

SILVA, Edna Alves P.; ALVES, Doralice Leite R. e FERNANDES, Marinalva Nunes. O papel do professor e o uso das tecnologias educacionais em tempos de pandemia. *Cenas Educacionais, Caetité - Bahia -Brasil*, v.4, n.10740, p.1-17, 2021.

SILVEIRA, F. A., e VASCONCELOS, A. K. P. Investigação do uso do software educativo L ABVIRT no Ensino de Química. *Revista Tecnologias na Educação*, 23(9), 1-13. 2017.

SOARES, Wellington Nora; VASCONCELOS, Fernanda Carla Wasner. A Utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação Como Recurso Didático Para a Promoção da Educação Ambiental. *Tecnologias na Educação*, Belo Horizonte, v. 24, n. 1, p. 51-66, 2018.

SOLOMONS, T.w. Graham; Fryhle, Craig B.; Johnson. *Química Orgânica - Vol. 2 - 10ª Ed.* 2012.

SOMMERVILLE, Ian. *Engenharia de Software. 9ª ed.* São Paulo: Pearson Education, 2011.

SOUSA, A. A. *et al.* O Ensino de Química: As dificuldades de aprendizagem dos alunos da rede Estadual do Município de Maracanaú-CE. 2010, Maceió: [s.n.], 2010.

TABER, K. S. Learning at the symbolic level. In: GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. F. (ed.). *Multiple representations in chemical education* Perth: Springer, p. 75-105. 2009.

TALANQUER, V. Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry 'triplet'. *International Journal of Science Education*, Philadelphia, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011.

TASKIN, V.; BERNHOLT, S. Students' understanding of chemical formulae: a review of empirical research. *International Journal of Science Education*, Philadelphia, v. 36, n. 1, p. 157-185, 2014.

TAVARES, R.; SOUZA, R. O. O.; CORREIA, A. de O. Um estudo sobre a "TIC" e o ensino de química. In: *Revista GEINTEC*, São Cristóvão/SE, v. 3, n 5, p. 155 – 167. 2013. ISSN: 2237-0722. Disponível em: <http://www.revistageintec.net/index.php/revista/article/view/296>.

TERUYA, L. C.; MARSON, G. A.; FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. Visualização no ensino de química: apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de recursos educacionais. *Química Nova*, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 561-569, 2013.

VIEIRA, Mariana de Lourdes Almeida. Uso de Jogos Digitais no Ensino de Química Orgânica: My Química Lab-Um Relato De Experiência. In: *Anais do CIET: EnPED: 2020 (Congresso Internacional de Educação e Tecnologias| Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância)*. 2020.

VIEIRA PINTO, Álvaro. *O conceito de Tecnologia*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005. 2 v.

WIELENGA, Geertjan. *Beginning netbeans ide: For java developers*. Apress, 2015.

YIN, R.K. Estudo de caso. Planejamento e métodos. Tradução de Daniel Grassi. 5 ed. Porto Alegre (RS): Bookman. 290 p. 2015.

XAVIER, Antônio Roberto; FILHO, Lia Machado Fiuza; LIMA, Valdeci Ferreira. Tecnologias digitais e o ensino de Química: o uso de softwares livres como ferramentas metodológicas. Foro de Educación, v. 17, n. 27, p. 289-308, 2019.

ANEXO A – QUESTIONÁRIO APLICADO AO ENSINO SUPERIOR

Esta pesquisa está vinculada ao **Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ), da UFT em Gurupi- TO.**

Pretende-se por meio dela analisar e entender as principais dificuldades que estudantes do ensino de Graduação encontram nas aulas de química e de que forma programas de computadores e softwares podem tornar-se aliados durante o processo de ensino aprendizagem.

Gostaríamos de contar com a sua colaboração, respondendo ao presente questionário, que tem um tempo estimado de conclusão de 8 a 10 minutos.

- 1) Os dados coletados terão caráter estritamente acadêmico e não é preciso se identificar.
- 2) Garantimos que as informações fornecidas serão mantidas em completo sigilo.

1) Você acha que a utilização de imagens, desenhos e esquemas visuais ajudam na sua aprendizagem em química?

- Sim Não

2) Na sua opinião, ficaria mais fácil aprender os conteúdos de Química através do uso de tecnologias da informação e comunicação (TIC), como programas de simulação de experimentos de química, por exemplo?

- Sim Não

3) Você encontrou facilidade em manusear o software?

- Sim Um pouco Não

4) Na sua opinião, a utilização do software, bem como a interação das aulas teóricas contribuíram para a sua aprendizagem?

- Não contribuiu Contribui pouco Contribuiu razoavelmente
 Contribuiu muito

5) O software foi fácil de compreender?

- Sim Não

6) Você acha que o aplicativo ajudou no aprendizado?

- Sim Não

7) O programa apresenta correspondência com os conteúdos pedagógicos estudados?

- Sim Não

8) De 0 a 5, sendo 0 “nada” e 5 “muito”, quanto você acha que conseguiu aprender o conteúdo SAE (substituição aromática eletrofílica) em anéis monossustituídos?

0 1 2 3 4 5

9) A interface (tela de apresentação e de ações) do software é atraente?

Sim Não

10) Recomendaria o software para outros usuários?

Sim Não

ANEXO B – QUESTIONÁRIO APLICADO AO ENSINO MÉDIO

Esta pesquisa está vinculada ao **Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ), da UFT em Gurupi -TO.**

Pretende-se por meio dela analisar o entender as principais dificuldades que estudantes do ensino médio encontram nas aulas de química e de que forma programas de computadores e softwares podem tornar-se aliados durante o processo de ensino aprendizagem. Gostaríamos de contar com a sua colaboração, respondendo ao presente questionário, que tem um tempo estimado de conclusão de 8 a 10 minutos.

- 1) Não há afirmativas certas ou erradas. Responda-as de forma natural agindo com sinceridade.
- 2) Os dados coletados terão caráter estritamente acadêmico e não é preciso se identificar.
- 3) Garantimos que as informações fornecidas serão mantidas em completo sigilo.
- 4) Sua participação é voluntária, no entanto, gostaríamos de ressaltar que a sua participação é essencial para o sucesso desta pesquisa!

1) Que ano do ensino médio você está cursando?

- 1º ano do EM 2º ano do EM 3º ano do EM

2) De que rede de ensino você está matriculado (a)?

- Pública Privada (particular)

3) Você sente dificuldades para aprender química na escola?

- Nada Pouco Muito

4) De 0 a 5, sendo 0 “nada” e 5 “muito”, quanto você acha que aprender química é importante para a sua vida?

- 0 1 2 3 4 5

5) Seu professor tem demonstrado domínio atualizado da disciplina de química ministrada?

- Sim Não

6) Você acha que os métodos de ensino atuais ajudam você a visualizar e entender bem os conceitos de química?

Sim Não

7) Você considera que as aulas práticas facilitam a sua compreensão em química?

Sim Não

8) Consegue relacionar o que aprende na escola em química com coisas cotidianas da sua vida?

Raramente Às vezes Sempre

9) Quão satisfeito (a) você está com o formato geral das aulas de química atualmente?

Nada Um pouco Muito

10) Você já participou da olimpíada regional de química?

Sim Não

11) Caso sim, quantas vezes você participou? _____

12) Você já recebeu algum tipo de informação sobre a realização das olimpíadas de química?

Sim Não

13) Em sua opinião, você acha que as olimpíadas de Química contribuem para o ensino aprendizagem em Química na escola?

Sim Não

14) Você considera que o projeto ajuda a descobrir novos talentos em química na escola pública e que pode contribuir para a formação dos futuros docentes em Química?

Sim Não

15) Você possui computador? Se sim, tem facilidade em utilizá-lo?

Sim, para as duas perguntas Sim, para a primeira pergunta Não, para as duas perguntas.

16) Você utiliza o computador para estudar ou pesquisar assuntos que aprende na escola?

Sim Não

17) Você acha que a utilização de imagens, desenhos e esquemas visuais ajudam na sua aprendizagem em química?

Sim Não

18) Em sua opinião, ficaria mais fácil aprender os conteúdos de Química através do uso de tecnologias da informação e comunicação (TIC), como programas de simulação de experimentos de química, por exemplo?

Sim Não

19) Se sim, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 pouco e 5 muito, quanto você acha que ajudaria?

1 2 3 4 5

20) Você já pensou em fazer algum curso superior?

Sim Não

21) Você já ouviu falar do curso de química oferecido pela Universidade Federal do Tocantins em Gurupi e que ele é gratuito?

Sim Não