



Simulações Computacionais: Uma Proposta de Transposição Didática no Ensino de Química

Computer Simulations: A Proposal for Didactic Transposition in Chemistry Teaching

Glaylton B. de Almeida¹, Ronaldo da S. Borges², Ézio Raul A. de Sá^{2,3}

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)
Código Postal – 63.708-260 – Crateús – CE – Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Química – Universidade Federal do Piauí (UFPI)
Código Postal – 64.049-550 – Teresina – PI – Brasil

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)
Código Postal – 64605-500 – Picos – PI – Brasil

{glaylton.almeida@gmail.com, ronaldoquibio@hotmail.com,
ezio.sa@ifpi.edu.br}

Abstract. *The high level of abstraction that phenomena and chemical contents present has been considered as one of the main difficulties in the acquisition of knowledge by students in basic and higher education. In light of this, the research aims to analyze the perception of undergraduate students in the Chemistry Degree course regarding the use of Avogadro and ChemsSketch software in the classroom. For this, an exploratory case study research was applied, using these tools in the form of a short course. As collection instruments, a Likert scale and an unstructured questionnaire were used. From the results, it can be seen that the proper use of the programs is characterized as an efficient methodology in the Teaching of Chemistry, contributing significantly to the development of visuospatial skills, which are essential for the learning of abstract contents.*

Keywords: *Chemistry Teaching; Computational Tools; Visuospatial Skills.*

Resumo. *O alto nível de abstração que os fenômenos e os conteúdos químicos apresentam tem sido considerado como uma das principais dificuldades na aquisição dos conhecimentos pelos estudantes da educação básica e superior. Diante disso, a pesquisa tem como objetivo analisar a percepção dos graduandos do curso de Licenciatura em Química quanto ao uso dos softwares Avogadro e ChemsSketch em sala de aula. Para isso, aplicou-se uma pesquisa exploratória do tipo estudo de caso, com o uso dessas ferramentas na forma de minicurso. Como instrumentos de coleta foram utilizados à escala de Likert e um questionário não estruturado. A partir dos resultados, pode-se perceber que o uso adequado dos programas caracteriza-se como uma metodologia eficiente no Ensino de Química, contribuindo de forma*



significativa para o desenvolvimento de habilidades visuoespaciais, as quais são essenciais para o aprendizado dos conteúdos abstratos.

Palavras-chave: *Ensino de Química; Ferramentas Computacionais; Habilidades Visuoespaciais.*

1. Introdução

O Ensino de Química (EQ) ainda é vivenciado pelos agentes da aprendizagem como prática pedagógica instituída no século XVIII. Para Jelvez (2013), os métodos de transmissão de conteúdos são superficiais, fragmentados e descontextualizados, não vinculados com a realidade dos estudantes, objetivando apenas a reprodução dos saberes de forma fracionada. Esse modo desconexo da realidade atual impossibilita colocar os alunos à margem do processo de aprendizagem significativa dos conteúdos da disciplina de Química.

A Química por se apresentar dentro de um contexto eminentemente experimental (SANTOS, WARTHA e FILHO, 2010), possibilita que o método de aprendizagem seja aplicado de maneira dinâmica, ativa e tecnológica. Sendo assim, a forma de transposição didática utilizada, pode influenciar diretamente na maneira como os seus conteúdos serão aceitos pelos estudantes, pois dependendo de como esses assuntos serão apresentados, estes podem ser vistos como algo complexo e abstrato.

Com os avanços científicos e tecnológicos que a sociedade vem vivenciando, não é admissível que as práticas pedagógicas no ensino de ciências, especialmente em Química, estejam desvinculadas do cenário educacional atual, tanto no aspecto da contextualização quanto no uso dos recursos didáticos inovadores na mediação do processo de ensino e aprendizagem, como ocorrem com as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

Outro importante aspecto a ser considerado, é o diferente padrão cognitivo apresentado pelos alunos de épocas anteriores, pois estão constantemente mais expostos aos diferentes tipos de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), as quais se tornaram uma realidade importante no convívio social e conseqüentemente no contexto educacional (PRENSKY, 2001).

Como é observado nos trabalhos de Moraes e Webber (2017) e Kenski (2007), os quais relatam que as crianças já nascem inseridas e influenciadas em um ambiente tecnológico onde tudo e todos estão conectados, e as informações são obtidas numa velocidade quase que instantânea, com uma evolução tecnológica conforme as necessidades da sociedade. Por isso, quando geralmente se fala em processo de ensino e aprendizagem dos estudantes sem a potencialização das tecnologias, estes demonstram pouco interesse nas aulas, ocasionando um processo superficial e desconexo com a realidade atual.

Diante desse cenário, um dos caminhos para tornar o ambiente escolar mais atraente, auxiliando nas dificuldades e motivando os alunos e professores, é a adoção de recursos tecnológicos digitais nas aulas de Química, apesar do seu uso ainda ser um desafio para a maioria dos docentes. Para Jaña et al. (2015), no mundo atual o papel do professor é determinante em utilizar a tecnologia disponível ao seu favor, criar



configurações educacionais que facilitam a aprendizagem e promovam a participação ativa dos alunos durante as aulas de Química.

De acordo com Moran (2017), o papel do professor é muito mais amplo e complexo, devendo atuar como orientador e mediador da aprendizagem, como consequência disso, a necessidade de formação inicial e continuada é fundamental nas diferentes áreas do conhecimento com o auxílio das TIC.

Dessa forma, Souza et al. (2004) veem os recursos computacionais tecnológicos digitais como alternativa viável nas aulas de Química, pois contribuem no processo educacional e tentam contextualizar a teoria com a prática. Silveira, Nunes e Soares (2013) citam alguns motivos do uso desses recursos computacionais tecnológicos no EQ, como melhoria da capacidade de compreensão, a intensificação da aprendizagem visual, o desenvolvimento autodidático, o auxílio na visualização de conteúdos complexos e abstratos.

Para Santos e Amaral (2012), os Softwares Educacionais (SE) caracterizam-se como recursos digitais que devem ser usados como auxílio no processo de ensino e aprendizagem. Tais recursos possibilitam ao aprendiz adquirir conhecimentos e compreender conceitos em diferentes áreas de investigação, oferecendo um amplo conjunto de situações, procedimentos e representações simbólicas, sendo estas ferramentas com potencial ressignificação dos conteúdos das disciplinas (BONA, 2009).

Na disciplina de Química, os softwares proporcionam a demonstração e a simulação de vários conceitos, facilitando o aprendizado através da visualização dinâmica em muitos campos desta área (RAUPP et al., 2008). Assim, Souza et al. (2004) relatam que o uso da informática associado às simulações virtuais oferecem estratégias de interação aos alunos, tornando o ensino interessante e compreensível aos conteúdos da disciplina de Química.

Enquanto Eichler e Del Pino (2000) relatam que apesar da importância das TDIC no processo de aprendizagem, estas por si só não resolvem os problemas educacionais, sendo preciso haver uma ampla integração entre o Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola e as atividades em sala de aula. Desta forma, com o devido suporte pedagógico e orientação adequada aos docentes, é possível uma ação eficaz desses recursos para a mediação do processo de ensino e aprendizagem.

Partindo desses pressupostos, o presente trabalho tem como objetivo analisar a percepção dos estudantes do curso de Licenciatura em Química da Faculdade de Educação de Crateús (FAEC), na cidade de Crateús-CE, a partir da aplicação prática dos programas Avogadro e ChemSketch como ferramentas educacionais nas aulas de Química.

2. Referencial Teórico

2.1 O Computador como ferramenta no processo educacional

De acordo Vicinguera (2002), o computador é considerado uma ferramenta indispensável no processo de aprendizagem, quando explorado de forma correta, pode trazer inúmeros benefícios à aprendizagem, visto que possibilita experimentar novas abordagens que induzem a criação de um mundo abstrato e simbólico. O computador é



uma máquina de funções variáveis que pode ser direcionado para fins educativos, sendo os softwares um componente fundamental a ser estudado como ferramenta de apoio no processo educacional (VICINGUERA, 2002).

Segundo Ribeiro e Greca (2003), as ferramentas computacionais podem servir como fonte de novas estratégias de ensino, principalmente em ciências, favorecendo a relação entre a teoria e a prática, resultando na comprovação desses fenômenos. Essas tecnologias podem ainda se adequar aos mais diferentes tipos de aprendizagens, pois com um computador e acesso à internet encontramos um enorme acervo de ferramentas que podem potencializar o aprendizado do aluno (MORAES e WEBBER, 2017).

Com isso, Freitas, Dudu e Silva (2011) ressaltam que com o avanço da informática, surgem no mercado softwares educativos que prometem tratar a disciplina de forma mais interativa, lúdica e com novas propostas para o ensino e aprendizagem de Química.

Dessa forma, Moraes e Webber (2017) mostram a importância do uso das tecnologias como forma de aproximar o abstrato e o concreto, sejam por meio de softwares adequados, objetos de aprendizagem e até mesmo pesquisas na internet, qualquer meio que atraia a atenção e o interesse dos alunos.

Porém, vale destacar conforme Vicinguera (2002), que a escolha na utilização de softwares no que tange a aprendizagem significativa deve ser galgada em uma análise precisa de aspectos, como os recursos oferecidos pelo programa e as possibilidades da sua utilização no ensino. O desafio do professor dessa era digital é conseguir romper com o tradicionalismo ainda predominante nas escolas, criando novas metodologias a partir destes recursos digitais, explorando novos espaços e analisando suas possibilidades de incremento no processo de aprendizagem Química (GIRAFFA, 2009).

Especificamente, o uso do ChemSketch e Avogadro no ensino de Química, tanto no nível médio quanto superior promovem um melhor aprendizado por meio das apresentações, simulações e visualizações de forma didática das estruturas moleculares tridimensionais pelos alunos. Além disso, dá a oportunidade a esses de uma nova percepção por meio das representações (SILVA, JÚNIOR, PIRES, 2017; RIBEIRO, MELO, MONTEIRO, 2010).

2.2 A visualização no Ensino de Química

De acordo com Gilbert, Reiner e Nakhleh (2008), a dificuldade na compreensão da Química está relacionada ao entendimento dos seus níveis de formação: o macroscópico, o microscópico e o simbólico. O nível macroscópico é o nível observável, o que apresenta a Química como tangível e perceptível aos nossos sentidos. O segundo consiste no nível molecular, em que são utilizadas as imagens mentais para descrever observações em termos de átomos e moléculas. Já o terceiro nível é a representação simbólica em termos de notações matemáticas e representações químicas, como por exemplo, as equações químicas.

Segundo Copolo e Hounshell (1995) alunos do Ensino Médio (EM) e Ensino Superior (ES) muitas vezes têm dificuldades em compreender os conceitos abstratos da Química, isso acontece principalmente, quando são introduzidos em situações que necessitam da manipulação de modelos mentais, um exemplo é a compreensão das



disposições espaciais dos átomos nas moléculas. De acordo com Sá, Nascimento e Lima (2020), os estudantes do curso de Licenciatura em Química apresentam uma melhor compreensão dos conceitos e cálculos aplicados nas aulas teóricas quando associados às atividades práticas computacionais. Assim, o uso de softwares de modelagem molecular são ferramentas úteis para estudantes, professores e pesquisadores, permitindo a execução dos cálculos complexos, a visualização espacial e a obtenção de propriedades físico-químicas dos sistemas moleculares, no entanto é essencial que o pesquisador tenha conhecimento químico e habilidade das técnicas computacionais para as aplicações (SÁ et al., 2020a; SÁ et al., 2020b).

Conforme as teorias de processamento de informação, as novas informações que são recebidas pelos alunos são seletivamente processadas e em seguida armazenadas na memória de curto ou longo prazo. Para que o conhecimento seja significativo essas informações devem ser armazenadas na memória de longo prazo. Esse desenvolvimento pode ser aprimorado com o uso da visualização, pois esta, ajuda no processo de codificação e recuperação de informação, como também na aplicação de conhecimentos antigos a novas situações (COPOLO e HOUNSHELL, 1995).

Diante disso, Gilbert, Reiner e Nakhleh (2008), conceituam a visualização como qualquer representação física utilizada para a compreensão de um conceito abstrato, como por exemplo, fotografias e gráficos, sendo muito importante para o entendimento de ciências como a Química, convertendo as informações complexas em acessíveis e cognitivamente compreensíveis.

Contudo, vale mencionar duas diferentes definições usadas pelos autores para o termo visualização, a “visualização externa”, que nada mais é que o contato sensorial com imagens, gráficos, quadros, por exemplo, e a “visualização interna” que são os modelos mentais construídos pelo indivíduo a partir da visualização externa (GILBERT, REINER E NAKHLEH, 2008).

Assim, Vasconcelos e Arroio (2013) destacam que vários estudos comprovam as dificuldades que os estudantes do EM e ES apresentam em relacionar os fenômenos e as transformações químicas com modelos representativos, sendo fundamental a visualização espacial para o entendimento destes processos.

Segundo Melo e Neto (2013) até mesmo os professores, muitas vezes, possuem uma compreensão errônea do que de fato são modelos, acreditando que estes foram descobertos, ao invés de entenderem como criações para a representação de fenômenos. Em outras palavras, muitos alunos e professores acreditam que, por exemplo, o átomo foi descoberto e em seguida estudado, quando na verdade não houve descoberta do átomo, modelos que foram criados para explicá-lo. Os autores culpam o próprio livro didático do aluno como preconizador da aquisição de uma compreensão equivocada, o que pode ser explicado pela fragmentação dos assuntos ou pela ausência de uma relação do modelo com o fenômeno.

Com isso, o estudo de Teruya et al. (2013) sobre a visualização no EQ, constataram o interesse de pesquisadores de diversos países por tal assunto, evidenciando a necessidade da realização de mais estudos na área, a fim de ampliar o entendimento sobre as implicações da visualização a um ensino eficaz por meio de simulações e representações.



3. Procedimentos Metodológicos

O referido estudo baseia-se em uma pesquisa exploratória do tipo estudo de caso com abordagem qualitativa, envolvendo 18 estudantes do curso de Licenciatura em Química da FAEC na cidade de Crateús-CE.

O estudo foi desenvolvido como projeto de pesquisa, sendo realizado em duas etapas: 1) Elaboração do minicurso e 2) Análise dos dados da pesquisa. A primeira etapa da pesquisa consistiu na elaboração e aplicação do minicurso aos estudantes da FAEC, com uma carga horária total de 5 horas (300 minutos). O minicurso foi planejado em cinco etapas de execução conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Etapas de execução das ações desenvolvidas no minicurso.

| Etapas | Ação desenvolvida | Forma de execução |
|---------------|---------------------------------|--|
| 1º | Avaliação diagnóstica | Aplicação de questões para conhecer a concepção prévia dos alunos a respeito dos softwares Avogadro e ChemSketch |
| 2º | Exposição teórica dos conteúdos | Os conteúdos foram abordados de forma teórica, sendo associados ao uso dos softwares |
| 3º | Apresentação dos softwares | Apresentação dos programas: obtenção, instalação, funcionalidades e aplicações |
| 4º | Simulação prática | Atividade prática com os estudantes, a partir da construção e visualização dos modelos |
| 5º | Coleta de dados | Percepção dos alunos acerca das atividades práticas inseridas nos questionários |

Fonte: Autores, 2021.

Como critério de participação no projeto de pesquisa, foi exigida dos estudantes a conclusão de pelo menos dois semestres do curso e a assinatura do Termo de Consentimento e Livre Esclarecimento (TCLE). Além disso, foi sugerido o uso pessoal do aparelho de notebook no minicurso, visto que não havia suporte computacional disponível para todos. A seguir foram descritas as etapas de planejamento e execução do minicurso:

- Primeira etapa (duração de 30 minutos) aplicou-se uma avaliação diagnóstica na plataforma virtual Google Forms (<https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/>), composta por vinte afirmações baseadas na escala Likert com cinco pontos (concordam totalmente, concordam, indiferente, discordam e discordam totalmente). Neste tipo de escala de opinião, a partir de cada afirmação é possível mensurar e conhecer as diferentes visões dos participantes, no que se refere à problemática (LIKERT, 1932);
- Segunda etapa (duração de 90 minutos) baseou-se na exposição por meio de uma aula teórica e prática sobre o conteúdo de geometria molecular e propriedades moleculares, assim como peculiaridades da disciplina Química, a



fim de adquirir conhecimentos sobre a análise a nível microscópico do comportamento molecular dos sistemas;

- Terceira etapa (duração de 60 minutos) caracterizou-se em apresentar os programas Avogadro versão 1.2.0 (Figura 1A) e ChemSketch versão 2015.2.5 (Figura 1B) aos estudantes, mostrando as principais funcionalidades e aplicações. Vale ressaltar que ambos os softwares utilizados são gratuitos, sendo o ChemSketch incluso no pacote ACD/Labs, contudo é necessário um cadastro prévio para acessar a versão acadêmica (<https://www.acdlabs.com/resources/freeware/chemsketch/download.php>). Enquanto que para o download do Avogadro (<https://avogadro.cc/>) o acesso é imediato e independente de cadastro;
- Quarta etapa (duração de 90 minutos) realizou-se as atividades práticas com os softwares, com o enfoque no conteúdo de geometria molecular, com o propósito dos estudantes construírem as estruturas moleculares propostas pelo professor;
- Quinta etapa (duração de 30 minutos) direcionou-se a coleta de dados através de um questionário não estruturado composto por três perguntas subjetivas (**1.** Para você, qual a maior dificuldade no processo de aprendizagem de geometria molecular?; **2.** Como você avalia a forma como foi trabalhado por seu professor o assunto de geometria molecular no Ensino Médio e/ou na graduação?; **3.** Você acredita que os softwares apresentados podem auxiliar no processo de ensino e aprendizagem? De que forma?), com a intenção de avaliar a percepção dos estudantes sobre o uso e a importância dos softwares como ferramentas mediadoras no conteúdo de geometria molecular.

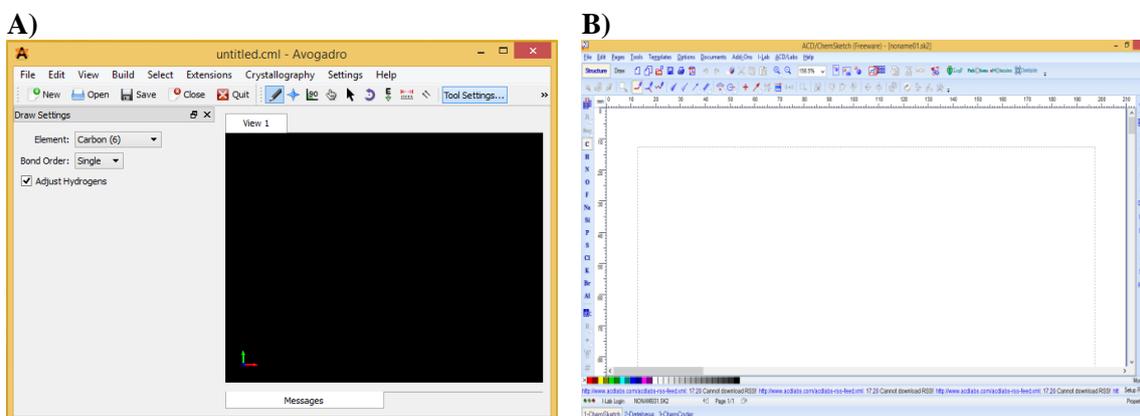


Figura 1. Tela principal do Avogadro (A) e do ChemSketch (B) (Fonte: HANWELL et al., 2012; ACD/ChemSketch, 2015).

A segunda etapa referiu-se a análise dos dados realizada a partir do questionário não estruturado por meio da apreciação da categoria e unidade de significação (Tabela 2), com base nos núcleos de sentido representativo, extraídos das falas dos estudantes. Além disso, a repetitividade e relevância das ideias para o resultado da pesquisa, considerando os objetivos de cada quesito, a partir dos critérios léxicos (BARDIN, 2016). Para isso, utilizou-se o procedimento de análise de conteúdo de Bardin (2016), que é um conjunto de métodos que se aperfeiçoa constantemente e que se aplica a discursos diversificados. O sigilo dos participantes foi mantido conforme a identificação realizada para cada discente com a letra “A” numerada de 1 a 18. As falas citadas no



texto e as afirmações realizadas aos estudantes para análise na pesquisa foram escolhidas por meio de sorteio.

Tabela 2. Categoria e unidade de significação das respostas dos alunos.

| Categoria | Unidade de Significação |
|-----------------------|---|
| Ensino e Aprendizagem | Estratégias ou maneiras de mediação da aprendizagem |
| | Dificuldade |
| | Recurso tecnológico |

Fonte: Autores, 2021.

4. Resultados e Discussão

Nesse tópico são apresentados os dados mais relevantes no desenvolvimento do trabalho, com base em alguns itens da avaliação diagnóstica e os quesitos do questionário não estruturado. De acordo com a Figura 2, dentre os 18 participantes da pesquisa, 72,2% deles “concordam totalmente” que o uso dos SE são importantes para o EQ, enquanto que os 27,8% “concordam” com tal afirmação. Observa-se neste item, que todos os alunos jugam relevantes o uso das TIC aplicadas ao EQ. Para Pauletti e Catelli (2013), esse resultado mostra a importância dos softwares no EQ, que aproximam o aluno ao objeto de estudo, por exemplo, quando o aluno utiliza um software para a criação de modelos a fim de compreender um assunto abstrato da Química, sendo criado um vínculo entre o discente e o objeto de estudo, ocorrendo nessa relação à possibilidade do surgimento do aprendizado significativo.

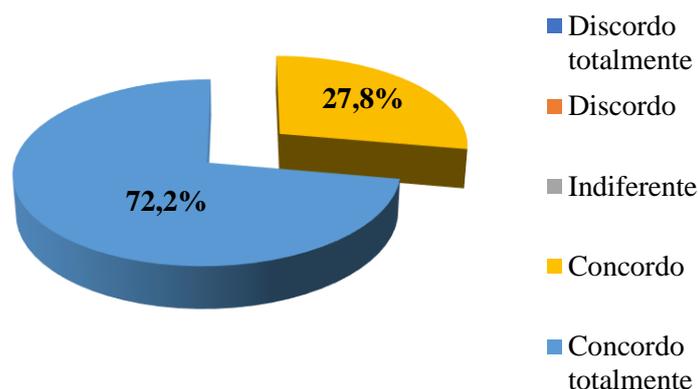


Figura 2. É importante o uso dos SE no Ensino de Química (Fonte: Autores, 2021).

Em relação ao uso dos SE como forma mais acessível de aprendizagem em Química (Figura 3), observa-se que os estudantes consideram positiva tal afirmação, na qual 66,7% “concordam totalmente” e 33,3% apenas “concordam”. Esse resultado corrobora com as ideias de Vicinguera (2002), que destaca que os softwares



educacionais podem ser um grande aliado ao EQ, sendo uma ferramenta essencial para os estudantes que apresentam dificuldades de aprendizagem, pois permitem representar e reproduzir situações concretas, além de socializar entre os agentes da aprendizagem.

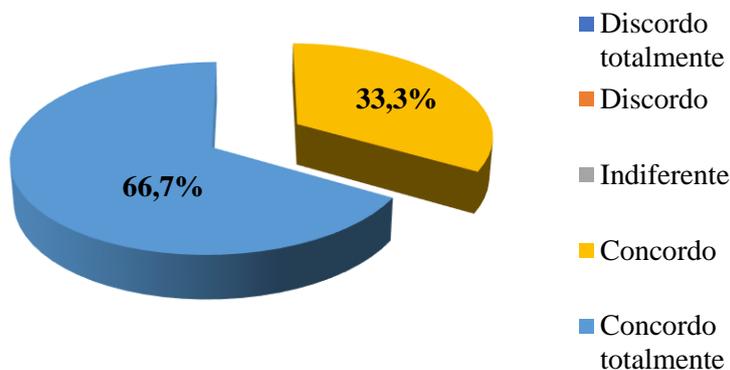


Figura 3: Os softwares educacionais facilitam o processo de aprendizagem em Química (Fonte: Autores, 2021).

O quesito seguinte (Figura 4) refere-se à utilização dos SE pelos professores nas aulas de Química no EM ou ES. É observado que 27,8% dos alunos relatam que alguns professores usavam esse recurso tecnológico nas aulas, sendo que 16,7% “concordam” e 11,1% “concordam totalmente”. Pela análise, fica perceptível que a maioria dos professores não utilizava essa ferramenta no processo de ensino e aprendizagem, muitas vezes ocasionada pela falta de informação, capacitação, infraestrutura, tempo de planejamento ou interesse profissional. De acordo com Maldaner (1999), estamos contemporaneamente inseridos em uma sociedade de constantes mudanças que afetam drasticamente o sistema educacional a cada dia, e essa sociedade necessita de um professor flexível, que saiba lidar com o novo, mantendo sua essência e inovação quanto ao processo de ensino e aprendizagem. O professor pode, juntamente com seus alunos, sintetizar novos conhecimentos com base em algo já estabelecido, esse tipo de aquisição do saber vai além da mera transmissão e recepção de algo pronto e acabado.

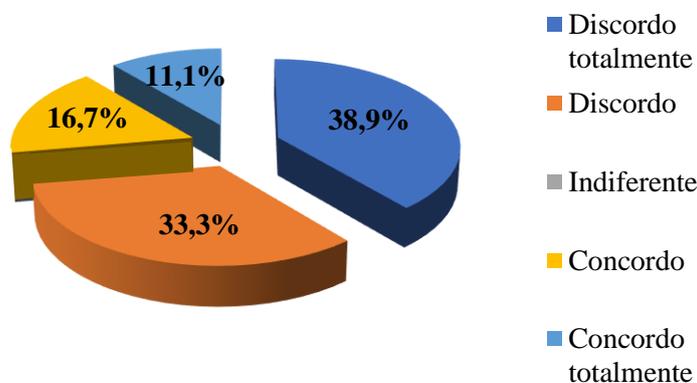




Figura 4: Meus professores utilizam SE nas aulas de Química (Fonte: Autores, 2021).

Dentre as percepções dos discentes na Figura 4, nota-se que 38,9% “discordam totalmente” e 33,3% “discordam” com a afirmação, conclui-se então que aproximadamente 72% dos alunos não estudam com professores que fazem o uso desses recursos nas suas aulas de Química. Esse dado gera certa preocupação com o processo de formação profissional dos estudantes, pois como estão em fase de construção de saberes, isso pode ocasionar dificuldades ao tentar utilizar tais métodos de ensino durante o seu magistério.

Segundo Benite, Benite e Filho (2011), o computador é um instrumento que permite diferentes maneiras de representação e transformação da realidade, já que possibilita simular as representações da realidade como um ato comunicativo, sua utilização pode resultar numa variedade de abordagens para o EQ. A visualização por meio de softwares permite que sejam projetadas representações tridimensionais (3D) além de favorecerem a sua manipulação. A seguir são representadas moléculas 3D visualizadas com uso dos softwares Avogadro (Figura 5A) e o ChemSketch (3D-View) na Figura 5B.

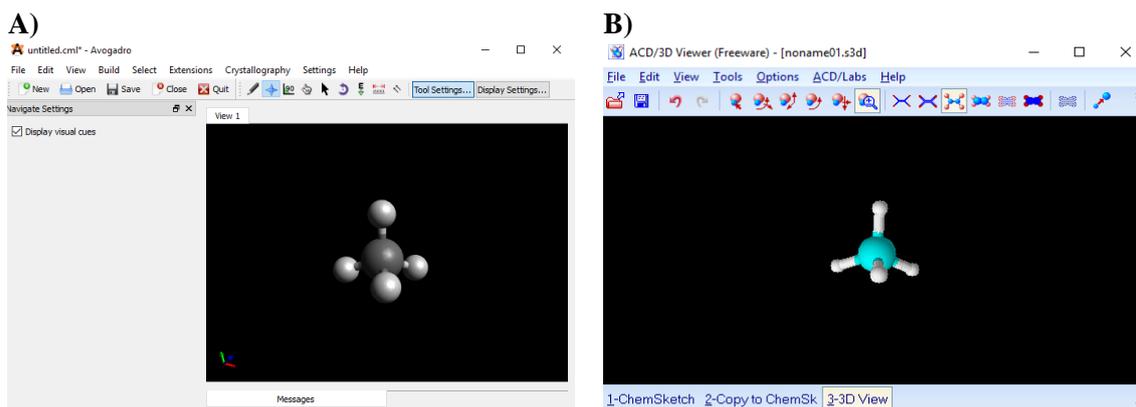


Figura 5: Molécula 3D do metano (CH₄) visualizada pelo Avogadro (A) e o ChemSketch (3D-View) (B) (Fonte: HANWELL et al., 2012; ACD/ChemSketch, 2015).

Com relação ao uso de metodologias alternativas na abordagem dos conteúdos de geometria molecular pelos professores (Figura 6), foi observado que apenas 22,2% dos graduandos “concordam” com a afirmação, demonstrando que poucos alunos têm aulas com alternância e inovação metodológica. Portanto, é necessário que tal assunto seja trabalhado da forma mais dinâmica e concreta, evitando deixar lacunas e dúvidas, pois servirá como base para a compreensão de conteúdos posteriores.

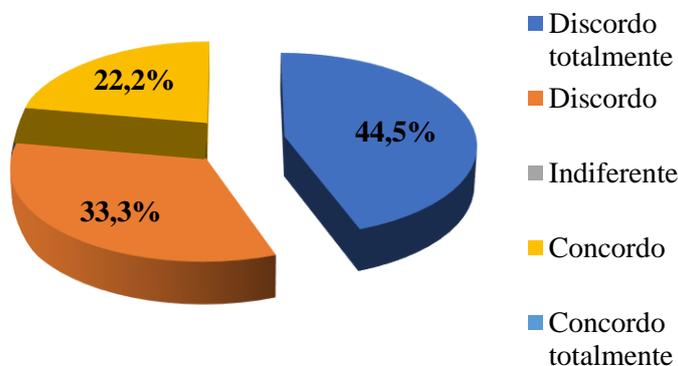


Figura 6. O professor de Química utiliza metodologias alternativas para trabalhar o conteúdo de geometria molecular (Fonte: Autores, 2021).

De acordo com Teruya et al. (2013), a visualização no EQ tem sido objeto recorrente de estudo, visto que professores e pesquisadores sabem da importância dessa habilidade para a aquisição do conhecimento químico. As representações visuais fornecem um meio de visualização dos fenômenos que ocorrem em níveis microscópicos, sendo empregado para a construção do próprio modelo mental dos estudantes sobre determinados fenômenos. “É através destas representações que os químicos conseguem visualizar, discutir e compreender objetos e processos que não são presentes ou visíveis numa dada situação” (TERUYA et al., 2013)

Na Figura 7 ao propor aos graduandos sobre a possibilidade do uso dos recursos computacionais nas aulas de Química, como futuros docentes, todos os estudantes afirmaram que pretendem usá-los, pois consideram ferramentas úteis para o processo de aprendizagem, sendo que 38,9% “concordam totalmente” e 61,1% “concordam”. Diante disso, percebe-se que os discentes acreditam que os softwares realmente podem configurar como um importante artifício para intermediar a aprendizagem dos conteúdos da disciplina de Química. Nesse ponto, Schlemmer (2006) destaca que quanto ao uso das novas tecnologias cabe ao professor construir possíveis metodologias que permitam usufruir ao máximo os recursos, pois estes podem conceber novos meios de aprendizagem.

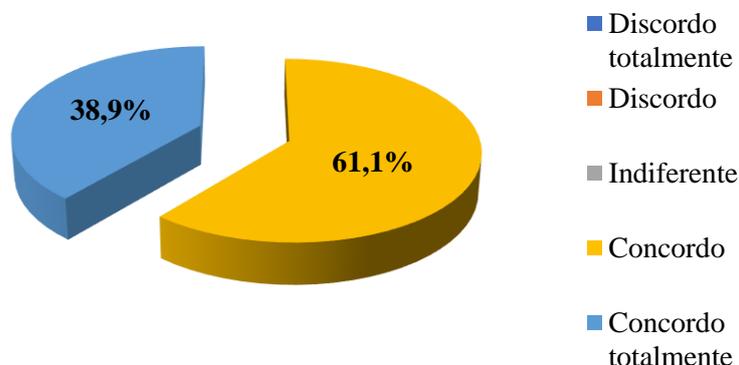


Figura 7. Pretendo utilizar tais recursos quando me tornar professor (Fonte: Autores, 2021).

No item seguinte (Figura 8), questiona-se sobre uma melhor compreensão do mundo microscópico por meio da visualização a partir do uso das simulações computacionais, no qual 50% dos estudantes “concordam totalmente” e os outros 50% “concordam” que as representações abstratas em Química se tornam mais compreensíveis com o uso destes recursos. Diante da grande dificuldade que os estudantes apresentam de compreensão dos fenômenos e transformações químicas no nível micro, as tecnologias digitais surgem como grandes potencializadoras na incumbência de fazer o aluno entender as abstrações da ciência Química (PAULETTI e CATELLI, 2013). Dentre as ferramentas tecnológicas existentes, os softwares de modelagem têm importante destaque no auxílio da aquisição de representações complexas de maneira menos abstrata, isso porque permitem tornar esses fenômenos mais próximos da realidade. Possibilita ainda a conversão de estruturas bidimensionais (2D) em 3D, o que melhor significa as representações realizadas no quadro acrílico.

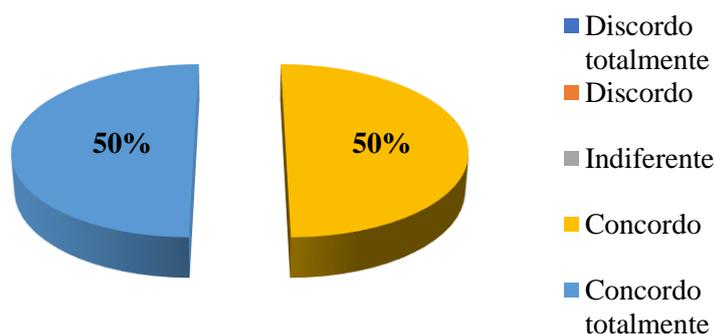


Figura 8. A visualização do mundo microscópico torna-se mais compreensível ao utilizar simulações computacionais (Fonte: Autores, 2021).

De acordo com Pauletti e Catelli (2013), diante dos desafios que os estudantes enfrentam em compreender e analisar as propriedades da matéria, assim como de desenvolver a capacidade de compreensão das representações químicas, ainda é necessário dominar um grande número de assuntos altamente abstratos, criar e interpretar modelos através de uma linguagem simbólica.

O próximo ponto é sobre a importância das habilidades visuoespaciais para a compreensão em Química (Figura 9). Observa-se que 50% dos estudantes “concordam totalmente” e 44,4% “concordam” com a afirmação, mostrando que essas habilidades são essenciais para o EQ. Segundo Raupp et al. (2009), o conceito de visualização espacial é a capacidade de conversão de imagens ou representações bidimensionais em tridimensionais. A visualização em Química é muito importante, pois sua compreensão envolve a aquisição de habilidades visuoespaciais, que auxiliam na realização de várias atividades cognitivas, sendo possível internalizar as visualizações externas, para conseguir construir os próprios modelos mentais (RAUPP et al., 2009).

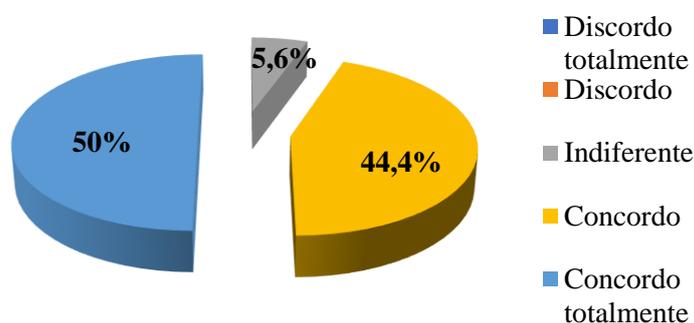


Figura 9. Habilidades visuoespaciais são essenciais para a compreensão em Química (Fonte: Autores, 2021).

Na Figura 10 é mencionado sobre a reprodução de modelos através da visualização, como algo fortalecedor ou estimulador do interesse do estudante para a aprendizagem em Química. Foi verificado que a maioria dos participantes, com exceção de 5,6%, estão de acordo com a afirmação, sendo que 55,5% dos graduandos “concordam totalmente” e outros 38,9% “concordam”.

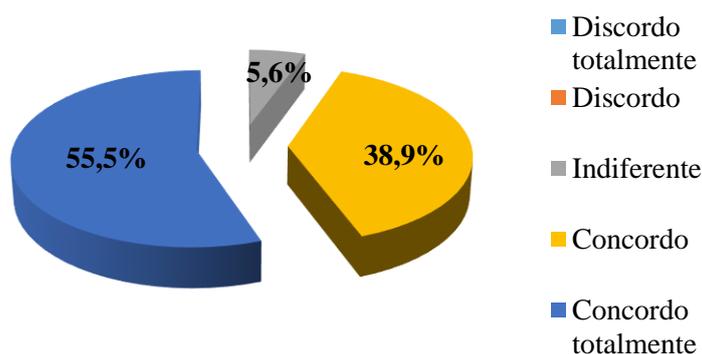


Figura 10. Reproduções de modelos através da visualização estimulam o interesse pela aprendizagem em Química (Fonte: Autores, 2021).

Com base na percepção dos estudantes no trabalho realizado por Sá et al. (2020), é possível perceber que a inserção da proposta de ensino a partir do uso de ferramentas computacionais no plano da disciplina de Físico-Química I, contribuiu de forma significativa para o aprendizado dos conteúdos termodinâmicos, abordando aspectos



normalmente não discutidos em sala de aula, desenvolvendo habilidades de visualização espacial de compostos e auxiliando na compreensão dos níveis micro e simbólico.

No questionário não estruturado aplicado ao término do minicurso, observa-se que os resultados foram elencados com base nos relatos de alguns participantes, sendo esses classificados por categoria e unidades de significação, como mostra a Tabela 3. Na unidade “Estratégias ou maneiras de mediação da aprendizagem”, a maioria dos estudantes destacaram que a forma de condução dos assuntos não foram apropriadas, e isso provocou dificuldades de aprendizagem dos conteúdos ministrado pelo professor. Além disso, pode ser fruto de um EM fragmentado, sem uma base fortalecida para a progressão dos estudos. Na unidade de significação “Dificuldade”, a maioria dos estudantes relatam ter dificuldades, devido os assuntos serem difíceis e abstratos, assim como a forma que o professor mediou o processo a partir de aulas descontextualizadas. Já na unidade de “Recurso tecnológico”, todos os estudantes relatam que a utilização dos recursos tecnológicos, como por exemplo, os softwares Avogadro e ChemSketch ajudam na melhoria do processo de mediação da aprendizagem, os quais se sentem mais motivados com aulas, tornando mais produtivas e dinâmicas para a aprendizagem de assuntos complexos e abstratos.

Tabela 3. Unidades de significação com base nos relatos dos estudantes a partir do questionário não estruturado.

| Categoria | Unidade de significação | Relatos |
|------------------------------|---|--|
| Ensino e aprendizagem | Estratégias ou maneiras de mediação da aprendizagem | <i>“Foi abordado o assunto apenas de forma teórica sem expor as demonstrações...” (A2)</i> <i>“Insatisfatório, pois a metodologia utilizada era tradicional...” (A5)</i> <i>“Ruim, pois as representações foram feitas no quadro...” (A7)</i> <i>“Bom, porém precisa de mais aulas com recursos que ajudem na visualização das moléculas...” (A8)</i> <i>“Método tradicional, no qual o ensino deste conteúdo foi abordado apenas de forma expositiva, não houve demonstrações...” (A9)</i> |
| | Dificuldade | <i>“Abstração das moléculas...” (A1)</i> <i>“A abstração das moléculas, não possibilitando a visibilidade de seu comportamento tridimensional...” (A2)</i> <i>“Noção espacial...” (A3)</i> <i>“A ausência de contextualização...” (A4)</i> <i>O aluno possui uma visão espacial para identificar a estrutura das moléculas tridimensionais...” (A5)</i> <i>“Imaginar como são as moléculas...” (A6)</i> <i>“Sim, facilitam o entendimento das representações em três dimensões colaborando para o desenvolvimento da noção espacial...” (A2)</i> <i>“Sim, ajudam na visualização de moléculas</i> |



| | |
|---------------------|--|
| Recurso tecnológico | <i>tridimensionais...</i> ” (A6) <i>“De forma significativa, pois permite uma melhor compreensão...”</i> (A12) <i>Sim, pois ajudam de forma eficaz nas ilustrações...”</i> (A14) |
|---------------------|--|

Fonte: Autores, 2021.

Na unidade de significação “Estratégias ou maneiras de mediação da aprendizagem”, especificamente o aluno A8, destaca em sua fala a dificuldade de visualização das moléculas. Já os alunos A2, A7 e A9 ressaltam a ausência de demonstrações estruturais. Na disciplina de Química, a visualização é uma condição necessária para o entendimento dos conteúdos, como por exemplo, na aprendizagem dos modelos atômicos, é imprescindível que o assunto seja trabalhado com o uso das representações visuais dos modelos, para que o estudante possa assimilar e associar as representações. A visualização fornece um meio para assimilar assuntos incompreensíveis na teoria, mas a aquisição do saber químico depende tanto da capacidade do professor em tornar esses assuntos mais concretos, como dos estudantes em dominar as habilidades de visualização (TERUYA et al., 2013).

De acordo com Sebata (2006), a Química utiliza modelos e teorias para apresentar seus diversos conceitos por meio de esquemas e desenhos. O assunto de geometria molecular, por exemplo, necessita de um conhecimento da estrutura molecular além do entendimento das interações realizadas pelas moléculas. Portanto, é contraditório o ensino desse assunto a partir das aulas puramente tradicionais, visto que o entendimento desse conteúdo exige a visualização dos modelos atribuídos às moléculas. Ainda Sebata (2006), após um intenso trabalho investigativo sobre o tema, conclui que a linguagem visual vem sendo um tema recorrente em trabalhos sobre aprendizagem em Química, pois apropriar-se da habilidade visuoespacial é essencial para compreender objetos e fenômenos. Trabalhar o ensino de geometria molecular de forma concreta pode ajudar o aluno a desenvolver habilidades (SEBATA, 2006).

Na unidade de significação “Dificuldade”, os alunos A1, A2 e A6 mencionam a abstração das moléculas como obstáculo para compreensão do assunto, contudo às representações realizadas no plano do quadro ou no livro são de difícil compreensão, com isso é necessário que o estudante consiga interpretar o desenho bidimensional e imaginá-lo em seu formato espacial. Dessa forma, Sebata (2006) corrobora com os relatos dos estudantes, ao mencionar que uma das dificuldades na compreensão de geometria molecular pode significar um problema em outro componente curricular, a matemática. Para o autor, habilidades como noções de geometria plana e espacial, e noções de profundidade e de espaço são primordiais para o entendimento do assunto. Já para Gilbert, Reiner e Nakhleh (2008), o mundo molecular não se relaciona com nossa experiência cotidiana, sendo o entendimento das representações moleculares a única forma de aproximar o abstrato do concreto, superando a barreira de uma experiência distante com algo que está próximo. Esses autores ressaltam ainda, que as representações podem aproximar o mundo microscópico com o macroscópico, tornando os estudantes capazes de imaginar e discutir sobre o comportamento das moléculas, no entanto, extrair os benefícios dessas representações depende extensivamente da “alfabetização visual dos alunos”, a capacidade de extrair todas as informações de um modelo ou imagem.



Já o aluno A4 ressalta a ausência da contextualização, por ser muito comum na Química a abordagem fragmentada dos conteúdos, sem qualquer relação com a realidade do discente, isso passa uma sensação de um conhecimento pronto sem que o aluno possa construí-lo e participar ativamente de todas as etapas. Dessa forma, o EQ deveria ser concebido de forma harmoniosa entre conceitos e demonstrações, teoria e prática, em que o aluno possa partir da realidade palpável até chegar ao universo das abstrações químicas.

De acordo com Yamazaki e Yamazaki (2006), a maioria dos estudantes considera o uso sistemático de metodologias tradicionais como algo entediante, desagradável e pouco efetivo. Diante disso, o uso de novas metodologias inovadoras faz-se necessário, pois provoca uma mudança significativa na prática dos professores, gerando aprendizagem de forma significativa, em que os estudantes se mostram mais atraídos e se sentem motivados a participarem das aulas, levando as discussões para além dos muros da escola.

Para Lima (2012), a aprendizagem em Química é favorável quando o ensino é baseado em situações problemas, que desafiem e estimulem o aluno a pensar, com o objetivo de uma construção do saber científico, além disso, deve ser apresentada ao aluno como integradora do seu cotidiano, de forma que ele possa interagir e reconhecer a real importância dessa ciência.

Já na unidade de significação “Recurso tecnológico”, os alunos A2, A6, A12 e A14 relataram a importância de se trabalhar com ferramentas computacionais na educação Química. Além disso, eles falam que esta foi à primeira vez que ocorreu o contato com esses recursos tecnológicos ofertados no minicurso, isso mostra o quanto é necessário melhorar, aperfeiçoar, investir e incentivar as práticas educativas com ferramentas tecnológicas para os educandos perceberem a relevância dos temas e se sentirem motivados e interessados na aprendizagem. Pérez et al. (2009), dialoga com a fala dos alunos, onde ele acredita que o uso de ferramentas tecnológicas complementam outras formas de aprendizagem em sala de aula, ajudam na compreensão de conceitos abstratos e de difícil visualização mesmo em práticas laboratoriais, e ainda permitem a interação do aluno com o fenômeno, já que este pode manipular, por exemplo, moléculas 3D. O uso de softwares possibilita um ensino e aprendizagem mais significativa, ao passo em que tornam certas abstrações mais próximas do estudante. Por meio de uma tela de computador, é possível reproduzir fenômenos que experimentalmente não seriam capazes de ser efetivados. Além disso, as representações tridimensionais modelizadas com os programas trazem informações mais precisas sobre as estruturas, como os comprimentos e ângulos de ligação, torções e arranjos espaciais das moléculas (PÉREZ et al., 2009).

De acordo com Gómez (2013), as novas tecnologias da informação e da comunicação possibilitam que os discentes vivenciem experiências muito satisfatórias em relação às aulas puramente tradicionais, pois geram ambientes de aprendizagem motivadores e interativos. Contudo, por si só essas ferramentas não contribuem para uma aprendizagem efetiva, sendo necessária a atuação do professor como mediador, escolhendo os recursos mais adequados, orientando e acompanhando o trabalho dos alunos.



Apenas a implantação e o uso dos softwares podem não surtir um grande impacto na aprendizagem do aluno, contudo a maneira com a qual o professor aplica essas ferramentas pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa. Dessa forma, podemos concluir que os softwares educacionais por si só, se não mediados de forma correta, não apresentarão os resultados esperados.

Podemos destacar que apesar dos pontos positivos dos softwares mencionados, o uso desses recursos ainda é considerado pouco diante do que podem oferecer. De acordo com Pereira (2014), os professores ainda não aproveitaram todo o potencial que essas ferramentas têm a oferecer, pois a adoção nas escolas ainda é mínima, justificada pela falta de informação, carência de infraestrutura adequada e até mesmo a ausência de formações direcionadas aos docentes.

5. Considerações Finais

Percebe-se que por meio das aplicações e das percepções dos estudantes na pesquisa, a aquisição da compreensão de uma linguagem química ainda é um entrave, fator esse ocasionado por diferentes variáveis, como é o caso do pouco dinamismo nas aulas de Química. Além disso, a ausência de exemplos concretos e aplicações que melhorem a compreensão das estruturas tridimensionais, e que mantenham uma relação contextualizada com a realidade do aluno impossibilitam os estudantes adquirirem uma aprendizagem mais significativa.

Uma forma de amenizar os obstáculos pode ser através da utilização dos softwares educacionais, já que estes podem simular situações na qual o pincel e o quadro branco não são capazes de reproduzirem de forma concreta, principalmente quando se trata de sistemas e modelos moleculares. Contudo, para que esses softwares possam colaborar no processo de ensino e aprendizagem é necessário que haja mais investimentos na educação, no professor e na capacitação profissional adequada para a atuação na educação básica e superior.

Quanto à visão dos futuros profissionais da educação, fica perceptível a necessidade da utilização dos SE no Ensino de Química, principalmente associados a outros métodos de aprendizagem. Com isso, podemos concluir que esses recursos são ferramentas auxiliares ao processo de ensino em sala de aula, podendo desenvolver uma compreensão no estudante além da adquirida pela mera exposição didática dos conteúdos.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), campus Crateús, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), campus Picos e a Universidade Federal do Piauí (UFPI).

6. Referências

ACD/ChemSketch, version 2015.2.5 (2015) “Advanced Chemistry Development”, Inc., Toronto, ON, Canada. Disponível em: www.acdlabs.com. Acesso em: 10/02/2019.



- Bardin, L. (2016) “Análise de conteúdo”. Tradução Luís Antero Reto; Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70.
- Benite, A. M. C., Benite, C. R. M. e Filho, S. M. S. (2011) “Cibercultura em Ensino de Química: Elaboração de um Objeto Virtual de Aprendizagem para o Ensino de Modelos Atômicos”. *Química Nova na Escola*. 33 (2), 71-76. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_2/01-EQM3010.pdf. Acesso em: 11/01/2020.
- Bona, B. O. (2009) “Análise de softwares educativos para o ensino de matemática nos anos iniciais do ensino fundamental”. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4 (1), 35-55. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/eenci/artigos/Artigo_ID71/v4_n1_a2009.pdf. Acesso em: 14/09/2020.
- Copolo, C. F. e Hounshell, P. B. (1995) “Using Three-Dimensional Models to Teach Molecular Structures in High School Chemistry”. *Journal of Science Education and Technology*. 4 (4), 295-305. <https://doi.org/10.1007/BF02211261>
- Eichler, M. L. E. e Del Pino, J. C. (2000) “Computadores em Educação Química: Estrutura atômica e tabela periódica”. *Química Nova*, 23 (6), 835-840. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000600019>
- Freitas, J. M. A. S., Dudu, R. E. S. e Silva, G. N. (2011) “Softwares educacionais para futuros professores de química. *Revista Tecnologias na Educação*”, 3 (2). Disponível em: <http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2015/07/Art5-ano3-vol5-dezembro2011.pdf>. Acesso em: 22/11/2020.
- Gilbert, J. K., Reiner, M. e Nakhleh, M. (2008) “Visualization: Theory and Practice in Science Education”. Springer, Dordrecht, 326 p.
- Giraffa, L. M. M. (2009) “Uma odisséia no ciberespaço: O software educacional dos tutoriais aos mundos virtuais”. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. 17 (1), 20-30. <http://dx.doi.org/10.5753/rbie.2009.17.01.20>
- Gómez, D. S. M. (2013). Efectividad del uso del software Avogadro em la enseñanza y aprendizaje de la nomenclatura orgánica. (Dissertação de mestrado). Faculdade de Ciências Exatas e Naturais. Universidade Nacional da Colômbia, Colômbia. Disponível em: <http://bdigital.unal.edu.co/12698/1/8412011.2013.pdf>. Acesso em: 21/09/2020.
- Hanwell, M.D., Curtis, D.E., Lonie, D.C. et al. (2012) Avogadro: an advanced semantic chemical editor, visualization, and analysis platform. *Journal of Cheminformatics*, 4 (17). <https://doi.org/10.1186/1758-2946-4-17>
- Jaña, G.A., Cardona, W. and Jiménez, V. A. (2015) “Innovative use of a tablet device to deliver instruction in undergraduate chemistry lectures”. *Química Nova*, 38 (4), 595-598. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150041>
- Jelvez, J. A. (2013) “A pesquisa como princípio pedagógico no ensino médio”. In: Azevedo, J. C.(Org.). *Reestruturação do ensino médio: pressupostos teóricos e desafios da prática*. São Paulo: Santiliana.
- Kenski, V. M. (2007) *Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação*. 1. ed. Campinas: Papirus.



- Likert, R. A. (1932) "Technique for the Measurement of Attitudes". *Archives of Psychology*, 140, 55 p. Disponível em: https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf. Acesso em: 10/08/2020.
- Lima, J. O. G. (2012) "Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química". *Revista Espaço Acadêmico*. 136, 95-101. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/setembro2013/quimica_artigo_s/perspect_novas_metod_ens_quim.pdf. Acesso em: 13/09/2020.
- Maldaner, O. A. (1999) "A pesquisa como ferramenta de formação continuada do professor de química". *Química Nova*, 22 (2), 289-292. Disponível em: https://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2072. Acesso em: 20/08/2020
- Melo, M. R. e Neto, E. G. L. (2013) "Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química". *Química Nova na Escola*, 35 (2), 112-122. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf. Acesso em: 17/11/2020.
- Moraes, R. S. e Webber, C. G. (2017) "Uso das Tecnologias da Informação na Motivação dos Alunos para as Aulas de Química". *Scientia Cum Industria*, 5 (2), 95-102. <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v5iss2p95>
- Moran, J. (2017) "Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda". *Educatrix*. Dossiê currículo, 7 (12), São Paulo: Moderna.
- Pauletti, F. e Catelli, F. (2013) "Tecnologias digitais: possibilidades renovadas de representação da química abstrata". *Acta Scientiae*. 15 (2), 383-396. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/329/678>. Acesso em: 11/05/2020.
- Pereira, D. I. S. (2014) "Softwares Educacionais no Ensino de Química". (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/13620/1/PDF%20-%20Deydeby%20Illan%20dos%20Santos%20Pereira.pdf>. Acesso em: 18/10/2020.
- Pérez, E. P. D., Martí, A. G., Velásquez, A. G., Guevara, N. G., Torres, E. A., Joyce, A., Jiménez, Y. P., Ripoll, E. e Santos, J. (2009) "Experiencias de enseñanza de la química con el apoyo de las TIC". *Educación Química*, 20 (3), 320-329. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X18300326>. Acesso em: 26/08/2020.
- Prensky, M. (2001) "Digital Native immigrants. On the horizon", *MCB University Press*, 9 (5).
- Raupp, D., Serrano, A. e Martins, T. L. C. (2008) "A evolução da química computacional e sua contribuição para a educação em química". *Rev. Liberato, Novo Hamburgo*, 9 (12), 13-22. Disponível em: http://revista.liberato.com.br/ojs_lib/index.php/revista/article/view/123. Acessado em: 14/09/2020.
- Raupp, D. T., Serrano, A. e Moreira, M. A. (2009) "Desenvolvendo habilidades visuoespaciais: uso de software de construção de modelos moleculares no ensino de



- isomeria geométrica em química”. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4 (1), 65-78. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/eenci/artigos/Artigo_ID73/v4_n1_a2009.pdf. Acesso em: 25/10/2020.
- Ribeiro, A. A. e Greca, I. M. (2003) “Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada”. *Química Nova*. 26 (4), 542-549. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422003000400017>
- Ribeiro, W.H.F., Melo, M.F e Monteiro, S.H. (2010) “Aplicação de um software educativo para o ensino de química orgânica no 3º ano de uma escola de ensino médio em Mucambo-CE”. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA. *Anais...* Brasília, 15.
- Sá, E. R. A., Nascimento, L. A. e Lima, F. C. A (2020) “Termodinâmica: uma proposta de ensino a partir da química computacional”. *Revista Virtual de Química*, 12 (3), 795-808. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200062>
- Sá, E. R. A., Silva, R. S., Sá, E. L. A. e Lima, F. C. A. (2020a) “O Uso do MOPAC no Cálculo das Propriedades Termodinâmicas dos Sistemas Moleculares”. In: Sá, E. R. A., Silva, F. I. S. e Sousa, J. A. “Ferramentas de Investigação em Química Computacional e Bioinformática”. 1 ed., 29-38, Porto Alegre: Simplíssimo.
- Sá, E. R. A., Costa, R. K. M., Silva, R. S., Silva, A. F. S., Coelho, T. L. S. e Lima, F. C. A. (2020b) "Introduction to Computational Quantum Calculations in Ionic and Molecular Systems". *Revista Ciência e Tecnologia*, volume 6. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rct/article/view/6416>. Acesso em: 25/03/2021.
- Santos, D. O., Wartha, E. J. e Filho, J. C. S. (2010) “Softwares educativos livres para o Ensino de Química: Análise e Categorização”. XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ). Brasília, DF.
- Santos, M. E. K. L. e Amaral. L. H. (2012) “Avaliação de objetos virtuais de aprendizagem no Ensino de matemática”. *REnCiMa*, 3 (2), 83-93. <https://doi.org/10.26843/rencima.v3i2.109>
- Schlemmer, E. (2006) “O trabalho do professor e as novas tecnologias”. *Revista Textual*. 8 (1), 33-42. Disponível em: http://www.sinprors.org.br/textual/set06/textual_8_miolo.pdf. Acesso em: 11/05/2020.
- Sebata, C. E. (2006) “Aprendendo a imaginar moléculas: uma proposta de ensino de geometria molecular”. (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/6442>. Acesso em: 30/08/2020.
- Silveira, L. F., Nunes, P. e Soares, A. C. (2013) “Simulações Virtuais em Química”. *Revista de Educação, Ciência e Cultura*. Canoas, 18 (2), 131-148.
- Silva, C. S., Júnior, E. V. S e Pires, D. A. T (2017). O uso de software de representação molecular em 3d como material didático interdisciplinar para o ensino de química. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12 (2), 66-79.
- Souza, M. P., Santos, N., Merçon, F., Rapello, C. N. e Ayres, A. C. S. (2004) “Desenvolvimento e Aplicação de um Software como Ferramenta Motivadora no Processo Ensino-Aprendizagem de Química”. Rio de Janeiro: UERJ.



- Teruya, L. C., Marson, G. A., Ferreira, C. R. e Arroio, A. (2013) “Visualização no ensino de química: apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de recursos educacionais”. *Química Nova*. 36 (4), 561-569. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422013000400014>
- Vasconcelos, F. C. G. C. e Arroio, A. (2013) “Explorando as percepções de professores em serviço sobre as visualizações no ensino de química”. *Química Nova*. 36 (8), 1242-1247. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000800025>
- Vicinguera, M. L. F. (2002) “O Uso do Computador Auxiliando no Ensino de Química”. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83224>. Acesso em: 05/11/2020.
- Yamazaki, S. C. e Yamazaki, R M. O. (2006) “Sobre o uso de metodologias alternativas para o ensino-aprendizagem de ciências”. *Educação e Diversidade na Sociedade Contemporânea*, 22 (4), 1-14. Disponível em: <http://www.academia.edu/download/30873161/t5p2metodologias.pdf>. Acesso em: 15/08/2020.