

O USO DE SOFTWARE DE REPRESENTAÇÃO MOLECULAR EM 3D COMO MATERIAL DIDÁTICO INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE QUÍMICA

The Use Of Software Of Molecular Representation In 3d As An Interdisciplinary Teaching Material For Chemistry Education

Cleberon Souza da Silva [cleberonssilva@hotmail.com]

Ernani Viana de Souza Júnior [ernani.souza@ifg.edu.br]

Diego Arantes Teixeira Pires [diego.pires@ifg.edu.br]

Departamento de Áreas Acadêmicas

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Rua São Bartolomeu, s/nº, Vila Esperança. CEP: 72.811-580, Luziânia – GO

Resumo

Atualmente paira sobre a área de Ciências Naturais, e principalmente na disciplina de Química, uma grande preocupação com relação ao processo de ensino-aprendizagem de conceitos científicos pelos alunos, tanto do ensino médio, quanto da graduação. Uma saída por parte dos estudiosos da Educação Química para sanar essa problemática têm sido desenvolver e apontar materiais didáticos baseados em Novas Tecnologias para incrementar a metodologia das aulas ministradas pelos professores de Ciências. Alguns desses materiais didáticos, que podem contribuir com o êxito do processo de ensino-aprendizagem, são os softwares educacionais, que auxiliam o professor a tornarem suas aulas mais interessantes, didáticas e dinâmicas. Neste trabalho realizou-se uma investigação com um software de representação de estruturas moleculares em três dimensões com alunos da terceira série do ensino médio de uma escola pública do interior de Goiás e constatou-se que o software pode ajudar os alunos a compreender melhor as representações das geometrias de algumas moléculas.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade; Enfoque CTS; Software Educacional.

Abstract

The field of Natural Sciences, and more specifically the field of Chemistry, faces a big concern regarding the teaching-learning process of scientific concepts for students from both High School and Higher Education. Chemistry Educators have been developing and pointing to Technology-based Teaching Materials as an increment to the methodology used in the classroom by Science professors. One of these teaching materials that can contribute for a better teaching-learning process is an educational software that is able to help educators to make their classes more interesting, didactic and dynamic. In this paper, an investigation was carried out using software that makes representations of some molecular structures with students of the third grade of High School, from a public school in the countryside of the State of Goiás. It was found out that the software has actually helped the students to better comprehend three dimensional molecular structures.

Key Words: Interdisciplinarity; CTS Angle; Educational Software.

Introdução

Existe em todo o Brasil uma grande preocupação com o processo de ensino-aprendizagem das Ciências Naturais e especialmente no que diz respeito ao ensino de Química. E com base nessa preocupação, os estudiosos e pesquisadores de Educação Química têm tido como objetivo nos últimos anos buscar uma melhoria para o entendimento conceitual (concepções) dos alunos (Wu, H.; Krajcik, J. & Soloway, E., 2001). Para que esse objetivo possa ser cumprido, estes pesquisadores têm buscado identificar os enganos mais comuns dos alunos, isto é, suas deficiências em pensar a nível molecular e na criação de métodos de acesso e compreensão conceitual bem como na implementação de novas formas de instrução Química (Sanger & Badger, 2001). É visto como dificuldade no processo de aprendizagem dos alunos de Química, do ensino médio e até mesmo da graduação, o fato da Química ser uma ciência essencialmente simbólica, ou seja, lida com símbolos para representar fenômenos, elementos e compostos, e o aluno, precisa reconhecer tais símbolos, e ainda ser capaz de mudar determinada forma de representação em outra equivalente e/ou semelhante, da melhor maneira possível (Wu, H.; Krajcik, J. & Soloway, E., 2001).

Para que o aluno não tenha dificuldades em aprender conceitos, faz-se-á preciso que as aulas de Ciências Naturais e, sobretudo as aulas de Química sejam mais interessantes e didáticas, isto é, que estas aulas possam a gozar de recursos didáticos que auxiliem o professor e ajude o aluno a completarem com êxito o processo de ensinar e aprender (Nardi & Almeida, 2007). Entretanto, grande parte dos professores não usa metodologias diversificadas e interativas para as aulas de Ciências, ficando preso apenas ao quadro e ao livro didático, o que deixa o pode tornar as aulas menos interessantes, menos motivantes e menos instigantes.

A falta de diversidade de recursos pedagógicos não é só uma realidade que se restringe a determinadas regiões, ficando evidenciada em todas as regiões do Brasil. Para Ribeiro & Greca (2003), diante de tanto desenvolvimento educacional voltado, por exemplo, para a Química, implantações de ferramentas tecnológicas, como softwares educacionais, quase não são utilizadas.

Em pleno o século XXI é fácil perceber o grande avanço de Novas Tecnologias não só no ensino, podendo dizer que as tecnologias invadiram a vida das pessoas, seja para comunicação, informação, diversão entre outros. A aliança feita entre Ciência e Tecnologia gerou mudanças que alavancaram o desenvolvimento de ambas (Bunge, 1989). E com esta aliança, há a participação das Novas Tecnologias em um setor que não poderia passar despercebido da nossa realidade: a Educação (Ribeiro & Greca, 2003). Uma das ferramentas principais da tecnologia são os computadores, que fazem parte do cotidiano de muitas pessoas para entretenimento, negócios, comunicação, e etc. E esta máquina começa a ganhar espaço também na educação. Por volta do ano 2000, um programa do Ministério da Educação (MEC) concluiu a instalação de cerca de 160 mil computadores em 16 mil escolas públicas de ensino básico (Eichler & Pino, 2000a). Tais computadores instalados formam um laboratório de informática à disposição de alunos e professores, que podem e deveriam ser utilizados para auxiliar no processo de aprendizagem. Mas é preciso compreender que o computador é um recurso didático que ajudará o professor e não realizará o ensino sozinho. Pois como afirma Fonseca (2001):

É preciso lembrar que os computadores são ferramentas como quaisquer outras. Uma ferramenta sozinha não faz o trabalho. É preciso um profissional, um mestre no ofício, que a manuseie, que a faça fazer o que ele acha que é preciso fazer. (FONSECA, 2001, p. 02)

Com a vinda das Novas Tecnologias, como computadores para as escolas de ensino básico, surgem os softwares educativos voltados para o ensino, isto é, programas de computadores que oferecem subsídios ao professor para complementar o processo de ensino-aprendizagem (Ribeiro & Greca, 2003). Esses programas, com intuito de auxiliar no aprendizado, são produzidos e usados em muitas instituições de ensino, por exemplo, Universidade da Georgia, Universidade de Illinois nos Estados Unidos, e em inúmeras universidades brasileiras tendo como uma das pioneiras a

Universidade Federal de Santa Catarina (Dallacosta, A.; Fernandes, A. & Bastos, R., 1998). Entretanto, deve-se compreender que os softwares por si só não funcionam como desencadeador do processo de aprendizagem, ou seja, depende da mediação do professor em sala de aula e de uma integração no currículo (Sinder, 1997). Fato esse que pode ser verificado na fala de Bonilla (1995):

(...) para que um *software* promova realmente a aprendizagem deve estar integrado ao currículo e às atividades de sala de aula, estar relacionado àquilo que o aluno já sabe e ser bem explorado pelo professor. (BONILLA, 1995, p. 18)

Os softwares educacionais na Química são de fundamental importância, pois segundo a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Gerard Vergnaud (1998), apresentam uma ligação explícita entre o conceito e as representações associadas a ele. A representação é o conjunto das formas de linguagem que permite representar simbolicamente o conceito e suas propriedades (Raupp, D.; Serrano, A. & Moreira, M., 2009). Tendo em vista que a Química é a ciência que utiliza inúmeras representações, os softwares educacionais podem possibilitar um intermédio entre a realidade, conceito e representação (Wu, H.; Krajcik, J. & Soloway, E., 2001).

Os softwares para o ensino de Química fazem com que o ensino seja mais interessante, apresentando um visual criativo e moderno, que faz com que o aprendizado seja eficaz (Raupp, D.; Serrano, A. & Moreira, M., 2009). Tais recursos podem, a partir da visualização, possibilitar ao aluno uma nova alternativa de interpretação de conceitos ou fatos que são normalmente relacionados apenas no âmbito microscópico, propondo, assim, o entendimento e um estreitamento da relação entre os aspectos macroscópicos e microscópicos. Fato este que pode ser confirmado por Jones, L.; Jordan, K. & Stillings, N., (2005) quando afirmam que “a química é um campo extraordinariamente fértil para a aprendizagem visual. O sistema visual é, portanto, um poderoso recurso educacional”

Os softwares educacionais são defendidos como ferramentas úteis para a aprendizagem de conceitos científicos, pois oferecem um ambiente interativo para o aluno manipular variáveis e observar resultados imediatos decorrentes de situações e condições (Oliveira, 1997). O uso destes se torna mais interessante, pois representam o comportamento do sistema real, incluindo as suas regras e leis (Eichler & Pino, 2000a). Esta visão do sistema por meio de um programa de computador com aplicação real no dia-a-dia leva o aluno a compreender melhor o conceito científico exposto a partir do software.

Ultimamente, tem sido cada vez mais frequente a utilização de softwares como ferramenta didática para o ensino de Química, um exemplo, é o *Carbopólis*, um software que aborda problemas ambientais que visa à aplicação e aprendizagem de conhecimentos da Química e do meio ambiente (Eichler & Pino, 2000b). Pode-se citar ainda o software da Tabela Periódica que engloba todas as características dos elementos químicos de uma forma simples, prática e interativa, entre outros (Dallacosta, A.; Fernandes, A. & Bastos, R., 1998).

Com base nesta frequente utilização dos softwares educacionais, estes podem ser usados para abordar de maneira mais tecnológica, dinâmica e interativa conteúdos da área de Química, por exemplo, os abordados no Currículo Referência da Secretaria de Estado da Educação de Goiás (SEDUC) e no Plano Curricular Nacional para o Ensino Médio (PCNEM) que estipulam como um dos conteúdos para os alunos da 3ª série do ensino médio na disciplina de Química, a estrutura de hidrocarbonetos e outros grupos funcionais – Química Orgânica (Goiás, 2012; Brasil, 2000). Baseado nesse conteúdo orientado pelo Currículo Referência da SEDUC e pelo PCNEM é preciso compreender os níveis de representação na Química para que se entenda como ocorre o processo de aprendizado desse tipo de conteúdo (Stains & Talanquer, 2008). Segundo Gabel (1999) essa representação está classificada em três níveis: macroscópico, microscópico e simbólico. E para compreender a Química, nesse caso, as estruturas de hidrocarbonetos e também de outras moléculas orgânicas e biológicas, é necessário dominar os três diferentes níveis de representação (Johnstone, 1993).

A estrutura de hidrocarbonetos com base na Teoria Estrutural da Química Orgânica elaborada por August Kekulé, Archibald Couper e Alexandre Butlerov por volta de 1859 se faz extremamente importante para compreender a nível de representação (Solomons & Fryhle, 2013). Segundo Gabel (1999), a compreensão microscópica do assunto permite correlacionar à estrutura de moléculas orgânicas com suas propriedades físico-químicas. Devido a essa grande importância dada ao estudo das estruturas orgânicas e a dificuldade de seu aprendizado por tratar-se de uma representação microscópica, a utilização softwares de visualização 3D, como o ChemSketch[®] versão 12.1, da empresa ACD/Labs (ACD ChemsSketch, 2012) pode ser um recurso didático na tentativa de melhorar a dinâmica de “equilíbrio” a qual envolve Assimilação e Acomodação desse conteúdo, para que possa ocorrer um processo de aprendizagem eficaz (Piaget, 1977).

O ChemSketch[®] é um software de desenvolvimento de Química. A ACD/Labs, projetou-o para ser usado separadamente ou integrado com outras aplicações, por exemplo, usado junto com editores de texto, internet, apresentações de slides, dentre outras. Este programa é usado para representar estruturas químicas, reações e diagramas esquematizados, além de projeções em 3D (ACD ChemSketch, 2012). No ChemSketch[®] é possível representar estruturas químicas, processos gráficos de energia de reações e também, realizar cálculos de propriedades moleculares tais como: peso da fórmula, volume molar, densidade, constante dielétrica, além de nomear compostos conforme a norma oficial da IUPAC, dentre outras possibilidades. É um software de extrema viabilidade nas escolas e universidades devido ao fato de sua distribuição ser gratuita por meio do freeware, disponível na internet por meio do endereço eletrônico: <<http://www.acdlabs.com/download/chemsk.html>> acessado em 15 de janeiro de 2015.

A utilização desse software se faz viável, pois é rico em opções, é fácil de se utilizar, visualmente agradável, além de dar atenção à preocupação de um ensino voltado para um enfoque Científico, Tecnológico e Social – CTS (Santos et al., 2010). É um software que aborda o enfoque científico pela possibilidade de utilização no processo de ensino-aprendizagem, no que tange a representação visual de estruturas moleculares, geometria molecular, energia de reações orgânicas, de acordo com a intenção do professor como mediador do processo; e, o enfoque tecnológico por fazer uso do computador como Nova Tecnologia (Eichler & Pino, 2000a). O enfoque social caberá principalmente ao professor enquanto mediador do uso do software pelos alunos. Este possui a responsabilidade de poder correlacionar as moléculas a serem estudadas com as propriedades químicas abordadas, a realidade dos alunos e suas aplicações no cotidiano.

Este trabalho tem como objetivo utilizar o software ChemSketch[®] versão 12.1 da empresa ACD/Labs (ACD ChemsSketch, 2012) como alternativa didática para a representação e estudos de estruturas moleculares tridimensionais, inter-relacionando a Química Orgânica e a Biologia com alunos de terceira série do ensino médio.

Metodologia

Primeiramente, realizou-se uma pesquisa com 45 professores de Química, Física, Biologia e Ciências em dez escolas da rede pública estadual de uma cidade do interior de Goiás (Luziânia) para saber quais recursos didáticos estes professores utilizavam em suas aulas.

Com o intuito de investigar como o uso do software, como o ChemSketch[®] da empresa ACD/Labs, interfere na compreensão dos diferentes níveis de representação bidimensional e tridimensional de estruturas orgânicas geométricas (geometria molecular), foi realizado uma análise com dez alunos voluntários da terceira série do ensino médio de uma escola da rede pública estadual de ensino na cidade de Luziânia em Goiás.

A investigação foi dividida em duas grandes partes:

1ª Etapa – Pré Software

Foi ministrada uma aula expositiva utilizando como materiais de apoio o quadro, giz e livro didático, com duração de uma hora e trinta minutos, abordando a estrutura de hidrocarbonetos. Relembrando ainda determinados conceitos, como estrutura molecular, e a representação de moléculas com base na estrutura de Lewis e em sua geometria espacial segundo o modelo de repulsão dos pares de elétrons na camada de valência – RPECV (do inglês, VSEPR – *Valence Shell Electron Pair Repulsion*). É importante salientar que os estudantes já tiveram um primeiro contato com os conteúdos de geometria molecular e modelo RPECV durante as suas aulas de Química. Como a atividade foi realizada com um grupo pequeno de alunos, foi possível realizar uma aula com grande participação dos alunos, com espaços para discussões e diálogos, dando liberdade aos alunos para se pronunciarem.

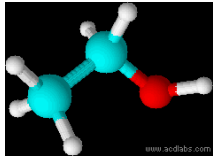
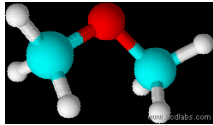
Essa aula foi ministrada, pois somente a utilização de um software ou outro aparato tecnológico não garante a compreensão conceitual de diferentes conceitos da Química a nível microscópico, como é o caso da geometria molecular, desta forma, é preciso que se tenha uma aula expositiva a fim de adquirir certos conhecimentos conceituais para só depois partir para a atividade prática e assim obter um sólido conhecimento dos conceitos microscópicos (Eichler & Pino, 2000a).

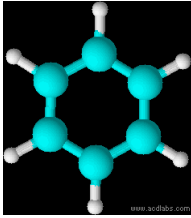
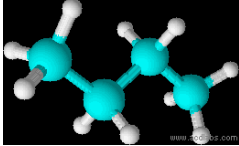
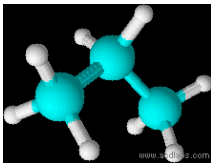
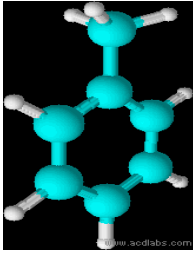
Após a aula os alunos foram submetidos a uma atividade que os solicitavam para representarem a estrutura molecular de seis moléculas orgânicas a partir apenas do nome sistemático conforme IUPAC e da fórmula molecular, tais moléculas estão na Tabela 1. Os alunos foram orientados da aplicação biológica e/ou bioquímica de cada uma das seis moléculas, com o intuito de compreenderem a aplicação e a finalidade de cada composto no dia-a-dia. Para a atividade os alunos dispunham de folhas para desenho, régua, canetas hidrográficas (azul, preta, vermelha e verde) e doze cores de lápis. A atividade foi feita de forma individual e sem consulta a qualquer tipo de material.

Em continuidade, os alunos responderam a um questionário com questões objetivas que tinham como possibilidade de respostas para as questões 1) e 3) as opções: muito boa, boa, regular ou fraca e para a questão de número 2) os alunos tinham como opção: sim ou não. Assim, os avaliando a aula, a metodologia e os recursos didáticos utilizados. As três questões eram:

- 1) Como você classifica a aula ministrada?
- 2) A aula ministrada foi interessante?
- 3) Como você classifica o material didático (quadro-negro, giz e livro didático) usado na aula?

Tabela 1: Moléculas selecionadas para representação dos alunos nas etapas pré e pós uso do software e suas aplicações.

COMPOSTO	FÓRMULA MOLECULAR	APLICAÇÃO	GEOMETRIA MOLECULAR
Etanol	C_2H_6O	Encontrado em bebidas como cerveja, vinho e aguardente, bem como na indústria de perfumaria e combustível de automóveis.	
Metoximetano	C_2H_6O	Gás utilizado em aerosóis, e em combustível de automóveis substituindo o GLP e o diesel	

Benzeno	C_6H_6	Usado nas indústrias químicas e farmacêuticas como solvente e matéria-prima básica na produção de muitos compostos orgânicos importantes como fenol, anilina, trinitrotolueno, plásticos, gasolina, borracha sintética e tintas.	
Butano	C_4H_{10}	Presente no gás de cozinha, ou gás liquefeito de petróleo (GLP), onde é encontrado misturado a outros gases.	
Propano	C_3H_8	Usado como combustível para fogões (encontrado no gás de cozinha) e em propulsor para sprays aerossóis, especialmente após o banimento dos CFCs. Utilizado na mistura denominada MGR (<i>mixed gás refrigerant</i>), que é fundamental para liquefação do gás natural (GNL) em processos industriais.	
Tolueno	C_7H_8	É adicionado aos combustíveis (aditivos) e como solventes para pinturas, revestimentos, borrachas, resinas, e em adesivos. Na indústria química e farmacêutica é utilizado como matéria prima na fabricação do fenol, benzeno, cresol e uma série de outras substâncias.	

2ª Etapa – Pós Software

Na última parte do experimento, foi ministrada outra aula, na mesma semana, também com duração de uma hora e cinquenta minutos, utilizando como recurso didático quadro-negro, giz e o software ChemSketch® versão 12.1, da ACD/Labs (ACD ChemsSketch, 2012), abordando a representação de estruturas orgânicas envolvidos no cotidiano, seja na Biologia ou na própria Química. Os alunos foram orientados quanto ao funcionamento do Software ChemSketch® e o seu uso para representação de estruturas bi e tri dimensionais. Em grupos de três e quatro alunos com o apoio de três notebooks os alunos fizeram o download gratuito do software *freeware* no seguinte endereço eletrônico: <<http://www.acdlabs.com/download/chemsk.html>>. Após o download e as orientações sobre o funcionamento do mesmo, os alunos tiveram a liberdade para desenhar na plataforma do software as estruturas das moléculas selecionadas da Tabela 1, além de outras moléculas sugeridas pelo professor. Os alunos foram orientados a desenhar as estruturas no programa, observando o número de átomos, número e tipos de ligações, tamanho do átomo, geometria e nomenclatura IUPAC.

Novamente foi realizada uma aula com grande participação dos alunos, com espaços para discussões e diálogos, dando liberdade aos alunos para se pronunciarem e apresentarem eventuais dúvidas.

Após o uso do software os alunos foram submetidos novamente à outra atividade para representarem a estrutura das mesmas seis moléculas da primeira aula, dispondo dos mesmos materiais que na primeira atividade. Por fim, foi feita a avaliação da aula por meio de um questionário com as mesmas questões objetivas da aula anterior e com as mesmas opções para resposta, com a finalidade de analisar a impressão dos alunos sobre a metodologia e os recursos didáticos utilizados. Adicionalmente uma questão discursiva foi inserida para que os alunos pudessem descrever sobre a preferência dos alunos entre aulas tradicionais e aulas com recursos tecnológicos. Tais questões foram:

1. Como você classifica a aula ministrada?
2. A aula ministrada foi interessante?
3. Como você classifica o material didático (quadro-negro, giz, computador e software) usado na aula?
4. Comparando as duas aulas ministradas, qual você classificaria como mais interessante? Com qual das duas aulas você conseguiu melhor compreender e fazer uma análise crítica do conteúdo? Justifique.

Resultados e Discussão

Analisando as respostas dos professores sobre quais os recursos didáticos utilizados em suas aulas, constatou-se que 100% desses usam como recurso didático para suas aulas o quadro-negro e giz, 55,5% o livro didático, 2,2% utilizam algum tipo de software educacional e nenhum professor usa o laboratório de Ciências da escola (Tabela 2). Baseado nessa realidade pode-se perceber que não existe por parte dos professores de Ciências Naturais uma diversidade no uso de recursos didáticos em suas aulas para tentar deixar suas aulas mais motivadoras e dinâmicas, ficando preso as tradicionais aulas de quadro e giz.

Tabela 2: Relação entre disciplinas e recursos didáticos utilizados.

Recurso Disciplina	Livro	Quadro-negro e giz	Lab. de Ciências	Software Educativo	Total de professor entrevistados
Ciências	14	18	0	1	18
Química	5	9	0	0	9
Física	3	8	0	0	8
Biologia	3	10	0	0	10

Além disso, destaca-se que nem todos os professores utilizam o livro didático em suas aulas. É importante colocar que o livro didático não deve ser desprezado, pois o professor utiliza-o para selecionar, organizar ou desenvolver os conteúdos da sua aula, e até porque o aluno possui esse livro. Entretanto devem ser inseridos outros recursos, para dinamizar as aulas de Química, tornando esta mais interessante e facilitando o processo de ensino-aprendizagem. Um exemplo seria a utilização de Novas Tecnologias, como o uso de softwares educacionais (Schnetzler & Rosa, 1998).

Verificou-se também o desenvolvimento dos dez alunos voluntários nas duas etapas que serão chamadas de pré e pós uso do software ChemSketch[®]. Uma análise foi feita para compreender se houve uma melhora no aprendizado dos alunos com o uso desse software como material didático na

representação de estruturas bi e tridimensionais de moléculas orgânicas e também a preferência dos alunos por aulas tradicionais ou com aparato tecnológico.

Baseado na representação das seis estruturas selecionadas os alunos foram avaliados nos seguintes tópicos: (1) número de ligações por átomo; (2) tipo da representação utilizada; (3) distribuição espacial das ligações; (4) diferenciação dos átomos; (5) Tamanhos dos átomos; (6) geometria tridimensional.

1ª Etapa – Pré-Software:

Nessa etapa, de forma geral, nove alunos não representaram a estrutura geométrica das moléculas, mas representaram apenas a fórmula estrutural, sem indicar a geometria, e um aluno não representou nenhuma das estruturas. Nenhum aluno que representou as moléculas distinguiu os átomos por cores e/ou por tamanhos.

A figura 1 mostra a representação da molécula do metoximetano e etanol de um aluno, denominado de *TS*. Tal estudante não realizou a representação da geometria tridimensional, mas representou de forma correta a fórmula estrutural, indicando a presença dos elétrons livres nos átomos de oxigênio.

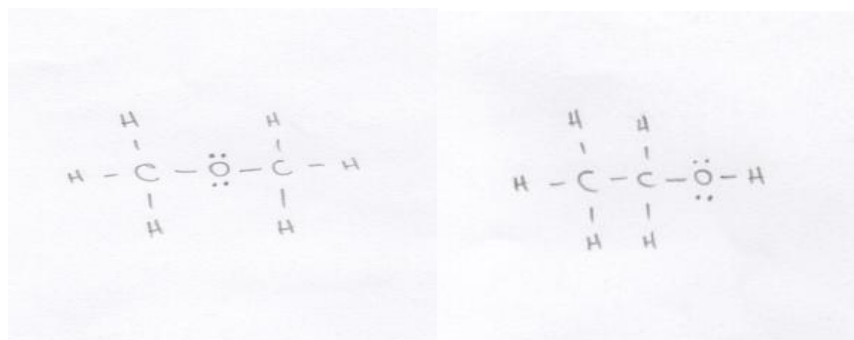


Figura 1: representação da estrutura de Lewis do metoximetano e do etanol pelo aluno *TS*.

A representação do metoximetano e do etanol de um segundo aluno, denominado *CN*, pode ser observado na Figura 2. Quando analisada a estrutura desenhada por *CN*, percebe-se a mesma limitação que o aluno *TS*, isto é, não houve a representação da estrutura geométrica tridimensional, havendo apenas a representação da fórmula estrutural com ausência dos pares de elétrons livres no oxigênio do metoximetano.

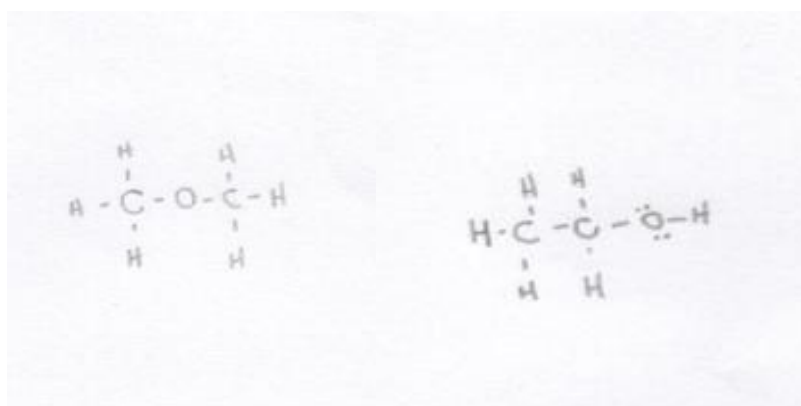


Figura 2: representação da estrutura de Lewis do metoximetano e do etanol pelo aluno *CN*.

Ao final dessa etapa, cada aluno respondeu ao questionário com três questões objetivas que os indagavam a respeito de como classificavam a aula ministrada com o material didático que foi usado, nesse caso, quadro, giz e livro didático. Conforme a pergunta 1), apenas um dos alunos

classificou a aula como muito boa, seis classificaram como boa, dois como regular e somente um aluno disse que a aula foi fraca. Além disso, analisando a pergunta 2), oito alunos julgaram a aula como não interessante e apenas dois julgaram como interessante. Notou-se com essas respostas que apesar de maioria os alunos julgarem como de boa qualidade, maioria não julgaram como interessante aula expositiva em que se utiliza apenas o quadro e o livro didático para este conteúdo.

Analisando apenas o material didático, conforme a pergunta 3), nenhum aluno julgou a utilização apenas de quadro e livro didático como muito bom, um julgou como bom, outro aluno disse que é regular e oito disseram que é fraco, refletindo a opinião deles sobre a complexidade de uma aula do conteúdo com os materiais didáticos tradicionais. Apesar de ter sido uma aula tradicional, houve grande participação dos alunos, com diálogos e discussões, e mesmo assim é percebido um desgaste, por parte dos alunos, das aulas clássicas, em que se utiliza os mesmos materiais didáticos.

2ª Etapa – Pós-Software:

Nessa última etapa, de forma comparativa, observou-se novamente as representações dos alunos para as seis moléculas previamente selecionadas após a aula com o uso do Software. Considerando todos os alunos, sete destes representaram os átomos diferenciando-as por cores e por tamanho, além de mostrar a distribuição espacial das ligações, fato não observado na etapa pré-software. Dois alunos não representaram nenhum tipo de estrutura e um aluno não distinguiu os átomos e ligações das moléculas por cores nem por tamanho, nem muito menos representando uma noção de distribuição no espaço das ligações. Com isso, notou-se uma mudança significativa da maioria dos alunos em representar estruturas orgânicas com suas respectivas geometrias.

Tomando como exemplo, podemos analisar o aluno *TS* que representou a estrutura do metoximetano e do etanol (Figura 4), concordando com o número de ligações de cada átomo, usando a representação *ball and sticks* (representação presente no software, como pode ser observado na última coluna da Tabela 1), diferenciando os átomos por cores, e por tamanho somente na molécula de etanol. Tal aluno representou suas estruturas com uma ligeira noção de estruturas tridimensionais, começando a apresentar ideias de geometria molecular e ângulo das ligações, fato não observado na etapa *pré-software*.

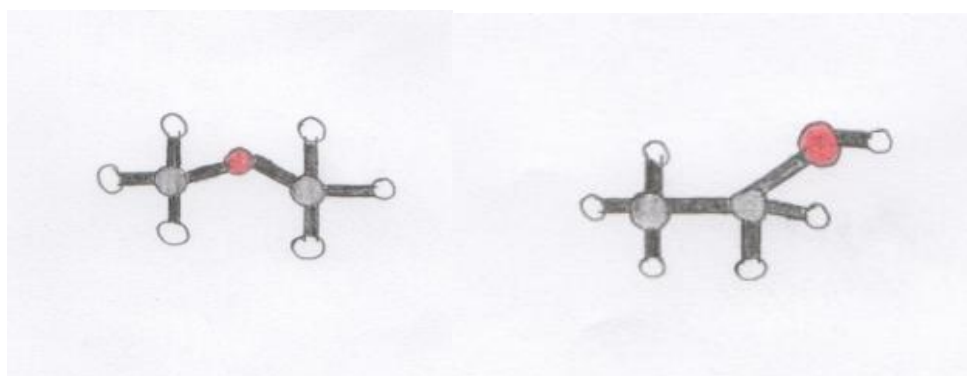


Figura 4: representação da estrutura geométrica do metoximetano e do etanol pelo aluno *TS*.

O aluno denominado *CN*, como mostrado na figura abaixo (Figura 5), representou as moléculas sem levar em consideração a geometria, sem diferenciar os átomos por cores e tamanhos, além de não fazer a distribuição espacial das ligações apresentando uma representação mais confusa do que a apresentada na etapa anterior.

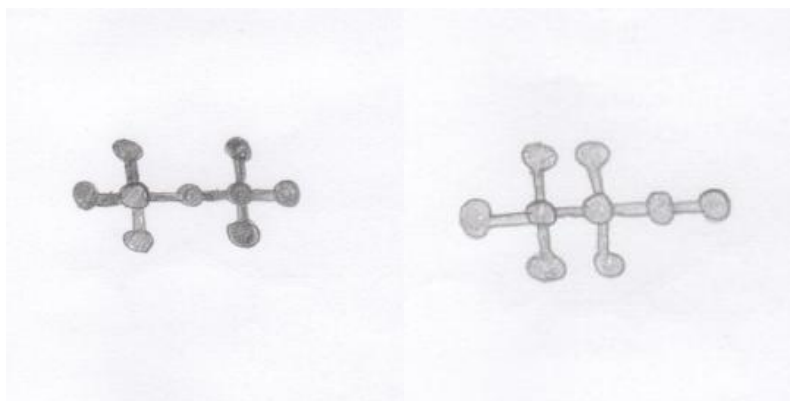


Figura 5: representação da estrutura geométrica do metoximetano e do etano pelo aluno *CN*.

Ao término dessa última etapa, cada aluno respondeu ao outro questionário, com três questões objetivas e uma discursiva, que os perguntavam sobre a qualidade da aula e também a classificação do material didático, nesse caso o software, que foi usado para dar a aula.

Oito alunos classificaram a aula com utilização do software como muito boa, dois destes disseram ser boa e nenhum aluno mencionou que a aula teria sido regular ou fraca. Além disso, analisando a pergunta 2), todos os alunos classificaram a aula como interessante, mostrando a clara preferência dos alunos pela utilização de aparatos tecnológicos.

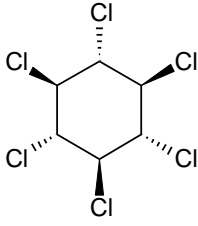
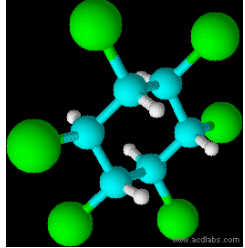
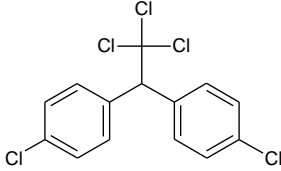
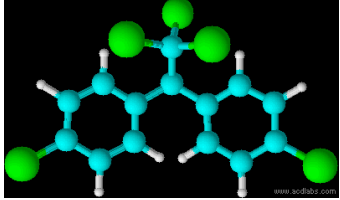
Em relação à classificação do material didático utilizado nessa aula (pergunta três), ou seja, quadro/giz e software, nove dos alunos afirmaram ser muito bom, e apenas um julgou como bom e nenhum aluno disse que o material didático foi regular ou fraco. O grande interesse dos alunos pela utilização de tecnologia, como computador e programas educacionais em aulas pode se tornar um grande aliado para o professor ministrar determinados conteúdos, podendo atuar como facilitador e tornando mais eficiente o processo de ensino-aprendizado, pois pode ser constatado que os alunos se sentem mais interessados e motivados a aprender por envolver algo novo e que apresenta uma disposição atraente, isto é, do ponto de vista visual.

Com base nessas análises, percebeu-se que o uso de softwares educacionais, no ensino médio, é uma alternativa interessante para contribuir com a melhora do processo de ensino-aprendizagem de certos conteúdos, como o de geometria molecular e ligações químicas. Com o uso do software ChemSketch® foi possível verificar que os alunos desenvolveram uma nova percepção em relação ao representacional, por exemplo, na diferenciação por cores e tamanhos de átomos, além de ter noções de geometria espacial na forma tridimensional, características que são próprias do software, mas, somente quando o aluno é orientado e ensinado a usar o software de forma correta, pois sem um mediador que o auxilie a usar corretamente o programa é difícil que se compreenda e se perceba as finalidades e características que o software possui. Os alunos conseguiram durante essa atividade desenvolver com o êxito o que para Piaget (1977) é chamado de Teoria da Equilibração, em que o aluno assimila o conteúdo por meio da teoria. E com o auxílio de um recurso didático tecnológico e interessante, em nosso caso o software ChemSketch®, o aluno acomoda o que foi visto na teoria, contribuindo assim para uma aprendizagem eficaz.

A utilização de tal programa também pode ser relacionada para abordar questões ambientais e sociais, pois segundo McCormick (1992), a Educação Ambiental é um fator amplamente discutido não só em nossa era, mas desde a metade do século XIX em que começam a surgir movimentos protecionistas com intuito de preservar o meio ambiente. E o ChemSketch® condiz com essa preocupação, por exemplo, evitando a fabricação de CD's-ROM com aplicativo de instalação do software, podendo ser instalado nos computadores direto da internet evitando gastos e acúmulo de lixo. Além disso, é possível utilizar o programa para abordar moléculas como pesticidas e agrotóxicos, que podem causar sérios danos ambientais.

As moléculas selecionadas para uma atividade no ChemSketch[®] podem conter também um cunho ambiental, como o DDT e BHC conforme Tabela 3, em que tais organoclorados foram utilizados como pesticidas e podem causar sérios danos ambientais e também a saúde de mamíferos. Utilização de atividades envolvendo moléculas com aplicações ambientais podem aproximar o conteúdo abordado com a realidade do aluno, tornando a aula mais interessante por parte do aluno.

Tabela 3: representação da geometria das moléculas de BHC e DDT.

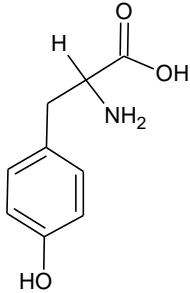
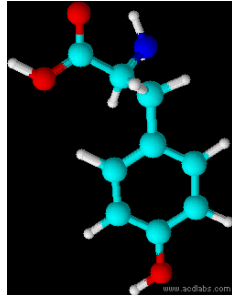
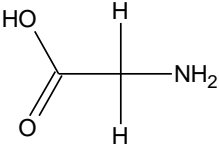
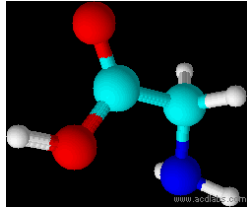
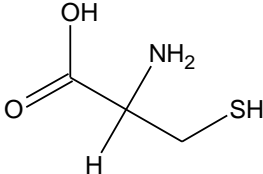
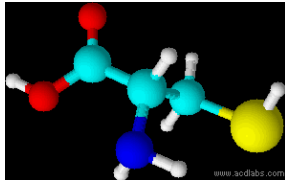
Composto	Estrutura Bidimensional	Estrutura Tridimensional
BHC		
DDT		

Com isso, é possível realizar um trabalho interdisciplinar com Química, Biologia e Geografia, abordando temas de poluição e contaminação ambiental, principalmente em solos e mananciais hídricos, prejuízos à saúde humana que tais pesticidas podem causar, além de geometria molecular e nomenclatura de moléculas orgânicas cloradas. Vale lembrar que uma recomendação do PCN é abordar assunto de Educação Ambiental (Brasil, 2000).

O ChemSketch[®] pode se tornar um software totalmente interdisciplinar, pois é necessário combater a fragmentação do conhecimento no ensino, que consegue inter-relacionar várias áreas do conhecimento, fazendo com que o aluno compreenda que o conhecimento científico explica o comportamento do cotidiano e de tudo que o cerca (Abreu & Lopes, 2010).

O conteúdo de Química Orgânica sugerido para o currículo do terceiro ano do Ensino Médio permite uma aplicação contextualizada, aproximando o tema trabalho em sala de aula com o dia-a-dia dos alunos. A abordagem de hidrocarbonetos e grupos funcionais podem ser realizadas utilizando exemplos de moléculas encontradas na realidade do aluno, como o iso-octano (gasolina), etanol (álcool combustível), eugenol (presente no cravo da Índia), ácido acetilsalicílico (fármacos), dentre outras. O conteúdo de Química Orgânica pode ser trabalho também interdisciplinarmente com a Biologia, exemplos de estruturas de fármacos com atividade biológica, além de poder trabalhar também estruturas 3D e nomenclatura de aminoácidos, peptídeos e proteínas. Alguns exemplos de aminoácidos que poderiam ser trabalhados no software ChemSketch[®] são tirosina, glicina e cisteína (estruturas mostradas na Tabela 4) que atuam como neurotransmissor do sistema nervoso, apresentam fundamental papel como nutriente energético além de auxiliarem na manutenção da estrutura de proteínas e peptídeos.

Tabela 4: representação dos aminoácidos tirosina, glicina e cisteína.

Aminoácido	Estrutura Bidimensional	Estrutura Tridimensional
Tirosina		
Glicina		
Cisteína		

Conclusão

A atividade mostrou-se satisfatória para promover uma evolução nas representações geométricas de algumas moléculas, permitindo os alunos progredirem na aplicação dos conceitos de geometria molecular tridimensional. A maioria dos alunos envolvidos nesta pesquisa obtiveram um bom desempenho nos testes realizados após o uso do ChemSketch[®], representando as estruturas moleculares em forma tridimensional de maneira esperada pelos autores e com características próprias desse software, isto é, sugere-se que o seu uso faz com que o aluno compreenda de maneira mais clara algumas representações microscópicas. Com isso, é possível utilizar recursos didáticos tecnológicos para conceituar cientificamente conteúdos da Química, bem como das Ciências Naturais. Além disso, ficou clara a preferência dos alunos por aulas com a utilização de programas computacionais no lugar das tradicionais aulas monótonas com quadro e giz.

Existe a possibilidade de realizar as atividades citadas utilizando moléculas aplicações contextualizadas à realidade do aluno ou aplicação biológica. Tal fato permite maior interesse dos alunos nas moléculas estudadas e não apenas estudar moléculas aleatórias, sem aplicação. Além disso, o software possibilita trabalhar de uma forma interdisciplinar, utilizando exemplos de pesticidas e agrotóxicos, e também de biomoléculas, como aminoácidos. Com isso, é possível realizar um trabalho em conjunto com as disciplinas de Química, Geografia e Biologia.

Sem dúvida, os softwares educacionais devem ser usados como recurso didático para complementar o processo de ensino-aprendizagem, entretanto deve-se ter em vista que o computador nem o software cumprirão, sozinhos, a realização desse processo, fazendo-se necessário um planejamento e um intermédio por parte do professor. Faz-se preciso mesclar o uso de programas de

computadores voltados para a área educacional, sem deixar de lado a exposição da teoria, unindo à práxis teoria-prática.

Agradecimentos

A CAPES e ao IFG, pelo suporte financeiro ao projeto.

Referências Bibliográficas

ABREU, R. G. & LOPES, A. C. (2010). A interdisciplinaridade e o ensino de química: uma leitura a partir das políticas de currículo. In: SANTOS, W. L. P. & MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de química em foco* (pp. 77 – 79) Ijuí: Unijuí.

ACD ChemsSketch 2012. (2012). Versão 12.0, Desenvolvimento de Química Avançada.

BONILLA, M. H. S. (1995). Concepções do Uso do Computador na Educação. *Espaços da Escola*, 4(18), 14 – 20.

BRASIL. Ministério da Educação. (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*. Brasília: MEC.

BUNGE, M. (1989). *Em Ciência e Desenvolvimento*. Belo Horizonte: Itatiaia.

DALLACOSTA, Adriana; FERNANDES, Anita Maria da Rocha & BASTOS, Rogério Cid. (1998). *Desenvolvimento de um Software Educacional para o Ensino de Química Relativo à Tabela Periódica*. In: Congresso da Rede Iberoamericana de Informática Educativa, Brasília: 1998. Anais... Brasília, p. 160 – 178.

EICHLER, M. & PINO, J. C. D. (2000b). Carbópolis, um Software para Educação Química. *Química Nova na Escola*, 1(11), 10 – 12.

EICHLER, M. & PINO, J. C. D. (2000a). Computadores em Educação Química: Estrutura Atômica e Tabela Periódica. *Química Nova*, 23(6), 835 – 840.

FONSECA, Lúcio (2001). Tecnologia na Escola. *A Escola*. Acesso em 05 mai., 2014, <http://www.aescola.com.br/aescola/secoes/20tecnologias>.

GABEL, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education*, 4(76), 548 – 554.

GOIÁS. (2012). Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás*. Goiânia: SEDUC.

JOHNSTONE, A. H. (1993). The Development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 9(70), 701 – 705.

JONES, Loretta, L.; JORDAN, K. D. & STILLINGS, N. A. (2005). Molecular Visualization in Chemistry Education: the Role of Multidisciplinary Collaboration. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(3), 136 – 149.

MCCORMICK, J. (1992). *Rumo ao paraíso*. Rio de Janeiro: Relume Dumará.

- NARDI, R. & ALMEIDA, M. J. P. M. (2007). Investigações em Ensino de Ciências no Brasil segundo pesquisadores da área: alguns fatores que lhe deram origem. *Pro-Posições*, 18(1) 213 – 226.
- OLIVEIRA, R. (1997). *Informática Educativa: dos planos e discursos à sala de aula*. Campinas: Papirus.
- PIAGET, J. (1977). *Psicologia da Inteligência*. Rio de Janeiro: Zahar.
- RAUPP, Daniele; SERRANO, Agostinho. & MOREIRA, Marco Antonio. (2009). Desenvolvendo Habilidades Visoespaciais: uso de Software de Construção de Modelos Moleculares no Ensino de Isomeria Geométrica em Química. *Experiências em Ensino de Ciências*. Acesso em 12 mai., 2014, http://www.if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID73/v4_n1_a2009.pdf.
- RIBEIRO, Angela, A. & GRECA, Lleana M. (2003). Simulações Computacionais e Ferramentas de Modelização em Educação Química: uma revisão de literatura publicada, *Química Nova*, 26(4), 542 – 549.
- SANGER, M. J. & BADGER, S. M. J. (2001). Using Computer-Based Visualization Strategies to Improve Students' Understanding of Molecular Polarity and Miscibility. *Journal of Chemical Education*, 78(10), 1412 – 1416.
- SANTOS, W. L. P. D.; GALIAZZI, M. C.; JUNIOR PINHEIRO, E. M.; SOUZA, M. L. & PORTUGAL, S. (2010). O Enfoque CTS e a Educação Ambiental: Possibilidade de “ambientalização” da sala de aula de Ciências. In: SANTOS, W. L. P. & MALDANER, O. A. (Orgs.). *Ensino de química em foco*. (pp. 131 – 157). Ijuí: Unijuí.
- SCHNETZLER, R. P. & ROSA, M. I. F. P. S. (1998). Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, 1(8), 31 – 35.
- SINDER, M. (1997). Vygotsky e Bakhtin - Psicologia e educação: um intertexto. *Educação Social*, 18(60), 183 – 186.
- SOLOMONS, T. W. G. & FRYHLE, C. B. (2013). *Química Orgânica*. Rio de Janeiro: LTC.
- STAINS, M. & TALANQUER, V. (2008). Classification of chemistry reactions: stage of expertise. *Journal of Research in Science Teaching*, 7(45), 771 – 793.
- VERGNAUD, G. (1998). A Comprehensive theory of representation of mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 2(17), 167 – 181.
- WU, H. K.; KRAJCIK, J. S. & SOLOWAY, E. (2001). Promoting conceptual understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821 – 842.