

O ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

FERNANDO LIMA DE MENEZES¹, SÉFORA BEZERRA SILVA¹,
SIMÃO CRISTINO DE MENEZES², DRÁULIO SALES DA SILVA¹

¹Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

²Escola de Ensino Médio Professor Luís Felipe

<fernando-m-lima@hotmail.com>, <seforabezerra@gmail.com>,
<cristino.fisica@hotmail.com>, <draulio4000@yahoo.com.br>

DOI: 10.21439/conexoes.v10i4.1004

Resumo. Esse trabalho trata de um relato de sala de aula e descreve uma atividade de ensino e modelagem sobre o assunto geometria molecular na disciplina de Química. A experiência ocorreu em uma escola de rede pública de ensino de Sobral – CE e se deu com o amparo de materiais de baixo custo. O uso desses materiais é essencial para trabalhar o nível submicroscópico de conhecimento químico, o qual não estava sendo bem trabalhado na disciplina de Química. Com a aplicação da atividade, houve melhoria na aprendizagem dos alunos, revelada pelo acréscimo em 23% na média de acertos para a associação entre fórmulas químicas das substâncias e sua geometria molecular, e de 26% na interpretação e representação de geometrias moleculares na forma tridimensional. Além de ter permitido a visualização de representações de moléculas e o entendimento do que seria geometria e arranjo e como identifica-las, a atividade permitiu a aproximação entre o fazer científico e a aprendizagem dos conhecimentos advindos dele.

Palavras-chaves: Moléculas. Modelagem. Geometrias.

Abstract. This work is a classroom report and describes an activity of teaching and modeling about molecular geometry in the chemistry discipline. The experience occurred in a school of public education of Sobral – CE and it was aided by use of low cost materials. The use of these materials is essential to work the submicroscopic level of chemical knowledge, which was not being well worked in the chemistry discipline. With the implementation of the activity, there was an improvement in the student learning, revealed by the increase in 23% in batting average of the association between chemical formulas of substances and their molecular geometry, and 26% in the interpretation and representation of molecular geometries in the three-dimensional shape. Besides having allowed the visualization of molecules representations and the understanding of what would be geometry and arrangement and how identify them, the activity allowed the approach between the scientific work and the learning of knowledge derived from it.

Keywords: Molecules. Modeling. Geometries.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Educação Química tem progredido bastante, ao mesmo tempo em que se intensifica o desenvolvimento de formas alternativas de ensino e de materiais didáticos e em que mais profissionais se envolvem no processo de ressignificação da Química na educação básica e superior. Uma das preocupações mais evidentes dos profissionais de ensino está em fa-

cilitar a compreensão dos conhecimentos ensinados, o que tem resultado na diversificação dos meios utilizados para tal fim. Entre esses está o uso de modelos, recurso que foi utilizado na abordagem relatada nesse trabalho.

O termo modelo é polissêmico, mas o sentido mais referido pela ciência é apontado por Bezerra (2011) como uma teoria aproximada ou simplificada ou que se vale de idealizações ou, ainda, uma estrutura preditiva/descriptiva na qual a condição de consistência in-

terna é relaxada, vale dizer, onde se atribui ao valor cognitivo da consistência um peso menor. Os modelos surgem quando cientistas, ao explicar um fenômeno, passam a impor as principais ideias sobre o exemplo estudado que é muito complexo (GILBERT, 2005).

Modelos são ferramentas muito utilizadas na compreensão dos fenômenos. A História da Química, como a das demais ciências, é marcada por várias elaborações, revisões e/ou refutações de vários modelos, estes construídos segundo concepções em contextos específicos. Assim, em consonância com a própria história do desenvolvimento desta ciência, a Química deve ser apresentada como estando estruturada sobre o tripé: transformações químicas, materiais e suas propriedades, e modelos explicativos (BRASIL, 2002).

O uso de modelos no ensino de ciências é bastante defendido por possibilitar uma visão mais adequada de uma obra científica aos alunos. O processo de produção e revisão de modelos, segundo Vries, Ferreira e Arroio (2014), são características da ciência que podem explicar sua constituição de maneira geral e podem desmistificar diversos conceitos estabelecidos pela sociedade que chegam aos estudantes iniciantes em ciências.

Um desses conceitos errôneos que pode ser eliminado é o da ciência como infalível. Nesse sentido, Ferreira e Justi (2008) defendem que saber que é impossível apreender diretamente a “verdade” e que se lida com um universo de modelos é um conhecimento que pode instigar e motivar os alunos.

Assim como a Ciência apresenta os seus modelos, em sala de aula é possível também se produzir modelos ou ao menos se utilizar de construtos teóricos ou de visualização que não sejam os advindos originalmente da literatura científica. Os modelos utilizados em sala de aula, portanto, apresentam diferenças em relação aos modelos elaborados pelos cientistas.

Gilbert (2005) apresenta uma classificação em “status” epistemológicos para os modelos que permite qualificá-los desde a sua construção até sua socialização. Essa classificação torna possível compreender e diferenciar um modelo usado no ensino de um modelo elaborado por cientistas. O mesmo autor admite a existência de modelos mentais, modelos expressos, modelos consensuais, modelos científicos, modelos históricos, modelos curriculares e modelos de ensino.

Conforme as ideias de Gilbert (2005), um modelo mental é uma representação pessoal, construída individualmente ou em grupo. A versão de um modelo mental expressa a um público é denominada modelo expresso. Um modelo expresso comum, que vira consenso em um grupo, é chamado de modelo consensual. Um modelo aceito e validado por uma comunidade científica, que

está na vanguarda da ciência, é considerado um modelo científico. Se esse for superado, mesmo sendo útil para algum fim, ele passa a ser um modelo histórico. Simplificações escolares dos dois modelos anteriores são consideradas modelos curriculares. Os modelos de ensino são ferramentas criadas para dar suporte a aprendizagem de modelos curriculares.

De fato, é comum o uso de modelos no ensino de Química, seja eles expostos na forma de imagens, na fala ou com objetos. No entanto, estes recursos são, muitas vezes, apresentados de forma desvinculada do processo de construção de conhecimento na Ciência, não deixando claro sua natureza temporária e de aproximação teórica para explicar as evidências encontradas em experimentos. Melo e Neto (2013) citam vários exemplos de compreensão inadequada relacionados a modelos, dentre eles cita-se a de que o átomo foi descoberto e então estudado, quando na verdade o átomo não foi descoberto, mas sua teoria foi construída.

Alguns modelos utilizados em sala de aula podem apresentar erros conceituais, os quais nem sempre são percebidos ou recebem uma atenção maior do professor durante o ensino. É comum o uso de analogias (um dos modelos de ensino) acabar fazendo com que os alunos as confundam com os modelos curriculares. Um exemplo é o fato do modelo atômico de Thomson acabar sendo repassado de modo a confundi-lo com um pudim de passas. Nesse caso, o aluno passa a representar um modelo pelo seu análogo descrito, que é simplista, mas nem sempre consegue comparar criticamente o modelo científico com o objeto usado como analogia e avançar na aprendizagem dos fundamentos teóricos que sustentaram o modelo científico. Sobre o uso de analogias no ensino, Souza, Justi e Ferreira (2006, p. 22) mencionam alguns casos de inadequações. Segundo eles, o aluno:

[...] não reconhece as analogias como tal; não reconhece as principais relações analógicas existentes em cada uma delas; não identifica limitações das analogias; não percebe o papel das mesmas no ensino; não entende que elas se referem a modelos atômicos diferentes e não distingue e não caracteriza corretamente esses modelos (SOUZA; JUSTI; FERREIRA, 2006).

A forma como um modelo é repassado ao aluno é importante no processo de aprendizagem e pode determinar no correto entendimento de um conceito ou ideia e na velocidade desse entendimento. Gilbert (2005) estabelece uma classificação dos modos de expressão dos modelos. De acordo com o autor, destacam-se os modos abaixo:

- Concreto, através de modelos materiais tridimensionais, como modelos para “construção” de representações de moléculas.

O ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

- Verbal, modelos verbalizados ou que podem ser ouvidos, como as analogias usadas por um professor;
- Visual, modelos que podem ser vistos, tais como imagens, gráficos, etc.;
- Matemático, modelos representativos de fórmulas, equações, etc.;
- Gestual, modelos que representam o movimento em ou de um corpo, como o uso das mãos representando o movimento de íons em uma eletrólise.

O autor admite ainda formas mistas desses modos, que ocorrem quando mais de um modo está envolvido em uma representação. Por exemplo, uma aula com modelos físicos de estruturas moleculares, apresentados de modo concreto por um professor, poderá ter componentes visuais, matemáticos, gestuais, verbais.

Os modelos em seus variados tipos e expressões são muito usados para mostrar algo de difícil imaginação. Na disciplina de Química, visualizar o comportamento dos átomos segundo uma teoria científica, por exemplo, é uma habilidade difícil de ser desenvolvida nos alunos, mas que pode ser ajudada com uso dos tipos de modelos mencionados, principalmente modelos físicos, de ensino, com expressão concreta.

Johnstone (1991) apresenta uma estrutura em níveis de representação no processo de ensino e aprendizagem em Química que é aceita até os dias atuais, orientando discussões a respeito ao mesmo tempo em que ajuda a entender as relações entre o conhecimento representado em modelos, os fenômenos e a linguagem química. Segundo o autor, o conhecimento químico pode ser classificado, basicamente, em três categorias: macroscópico, submicroscópico e simbólico.

A primeira categoria refere-se ao nível perceptível, fenomenológico. Nesse nível ocorrem as transformações e é onde se percebe as propriedades dos materiais e substâncias. Ele é comumente trabalhado em atividades experimentais na educação. O nível seguinte é composto por teorias e modelos explicativos para os fenômenos observados. É um nível que exige bastante abstração por parte dos alunos, mas que pode ser facilitado com o uso de modelos concretos (modelo moleculares, por exemplo). O último e não menos importante nível consiste no uso de simbologias que represente substâncias e transformações e propriedades destas. O uso da expressão “ CO_2 (g)”, exemplo, é uma forma de representar uma substância e seu estado físico.

Trindade (2010) defende que para se compreender a Química, é preciso desenvolver a habilidade de transitar entre dois níveis de realidade: o macroscópico e

o microscópico. O submicroscópico é fortemente baseado em modelos, uma vez que é de difícil visualização, e várias pesquisas já têm apontado para dificuldade de abstração dos alunos como uma das maiores dificuldades na aprendizagem de Química. No ensino formal, este nível de compreensão costuma ser apresentado com imagens, gestos e analogias. Mas esses recursos, muitas vezes exigem a formação de uma imagem tridimensional ou de corpos em movimentos, que são confrontados com as poucas habilidades dos alunos de atingir esse patamar de abstração, situação que muito contribui para erros conceituais.

O conteúdo geometria de moléculas, geralmente ensinado no primeiro ano ensino médio, enfrenta essa barreira na compreensão. De forma semelhante ao que ocorre na Ciência, professores de ciências têm utilizado bastante modelos em suas aulas, sejam eles apresentados através de imagens, gestos, vídeos ou objetos. Uma grande vantagem deste último é que ele pode ser manuseado pelos estudantes, enquanto os três primeiros exigem um grau de abstração maior por parte dos alunos.

A visualização pelo aluno do conceito ou ideia que se tenta repassar é fundamental para o progresso dele em outras etapas do ensino, é através dela que o aluno construirá bases para a construção de seus próprios modelos. Em um trabalho que discorre sobre visualização e representação geométrica Becker (2009) sustenta que a capacidade de visualização é uma habilidade básica nesse campo de conhecimento. Uma pessoa que tem dificuldades em visualização terá problemas em entender contextos gráficos apresentados nos livros e apresentará dificuldades em expressar suas próprias ideias (BECKER, 2009, p. 27).

Especificamente no ensino de Química, um dos modelos mais utilizados para representar átomos e ligações é o modelo físico molecular. Um dos grandes problemas destes é que eles geralmente vêm com orientações fixas e limitadas dos ângulos de ligações, impossibilitando seu uso na construção de geometrias de maior complexidade, justamente onde os alunos sentem maiores dificuldades.

Alguns trabalhos têm apontado alternativas ao modelo comercial construtor de moléculas, tais como os baseados em palitos e isopor, os com arames e contas de bijuterias e os com sementes de plantas.

Nesse trabalho, apresenta-se uma forma de abordagem da geometria molecular através de modelos construídos com palitos de fósforo e massa de modelar, que foi complementada com a discussão de sólidos geométricos com esqueletos feitos de canudos de refrigerante. Modelos construídos com balões também foram utilizados na abordagem para que os alunos entendessem o

que seria a Teoria de Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência (TRPECV), que foi proposta por Lewis para explicar a geometria de moléculas.

2 METODOLOGIA

O trabalho descrito nesse artigo foi desenvolvido no âmbito do subprojeto de Química do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) e aplicado em duas turmas de primeiro ano do ensino médio de uma escola pública vinculada ao sistema estadual de ensino e localizada em Sobral – Ceará. As turmas onde se desenvolveu o trabalho foram as únicas disponíveis no turno de desenvolvimento das atividades do subprojeto. A atividade foi desenvolvida em novembro de 2014, durante duas aulas de 50 minutos.

Considerando-se os pressupostos teóricos já apresentados e partindo-se das observações realizadas em aulas de Química nessa escola, as quais se davam de forma fundamentalmente teórica, seguindo uma metodologia expositiva de conhecimentos, considerou-se necessário elaborar estratégias de ensino que explorassem todos níveis de compreensão da Química e de uma forma mais interacionista com os estudantes.

Decidiu-se por trabalhar com os conceitos envolvidos no conteúdo geometria molecular devido este ser um dos que exigem maior abstração para ser compreendido. Esse conteúdo, assim como o que trata dos modelos atômicos, que geralmente é trabalhado nos anos iniciais do ensino médio, é princípio para fomentar discussões a respeito do modo como a ciência se desenvolve, evitando compreensões distorcidas sobre o trabalho de um cientista e de como ele produz conhecimentos em suas pesquisas.

Após o professor de Química ter ofertado uma aula sobre o assunto nas duas turmas, com o seu apoio, ofertou-se uma oficina de construção de modelos moleculares. Para o seu desenvolvimento, selecionou-se e construiu-se três modelos didáticos. A seleção levou em conta a finalidade de abranger de forma mais completa o tema escolhido para a intervenção. Tais modelos foram:

- modelos com massa de modelar de diferentes cores e palitos de fósforo, permitindo uma melhor visualização (em três dimensões) do arranjo dos pares eletrônicos em uma molécula, segundo teoria de Lewis (Figura 1a);
- modelos com balões coloridos cheios, unidos em um ponto central por linha de costura, ajudando na compreensão da teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência, modelo explicativo proposto por Gillespie (Figura 1b);

- modelos geométricos, feito com canudos de refrigerante perpassados e unidos por linhas de costura, evidenciando as arestas de sólidos, representando as estruturas geométricas que dão nome a algumas geometrias moleculares, ajudando na compreensão do nome e da orientação das ligações (Figura 1c).



Figura 1: Modelos didáticos utilizados no ensino: a) modelos construídos com massa de modelar representando as geometrias trigonal plana (à esquerda), linear (na parte superior), tetraédrica (na parte inferior) e octaédrica (à direita); b) modelos feitos com balões representando as geometrias linear, trigonal plana e tetraédrica, respectivamente na sequência superior, e bipirâmide trigonal e octaédrica, respectivamente na sequência inferior; c) modelos geométricos feitos com canudos e linha mostrando as orientações das ligações em torno do átomo central para as moléculas tetraédricas, octaédricas e bipirâmide trigonal, respectivamente da esquerda para direita.

Com o objetivo de verificar o rendimento de aprendizagem dos alunos com a metodologia utilizada, elaborou-se dois questionários, um entregue antes da oficina e outro ao final dessa. O questionário inicial, composto por três questões, exigia que os alunos associassem moléculas com suas geometrias e vice-versa, sendo as moléculas apresentadas tanto na forma tridimensional como em fórmulas químicas. Os alunos também foram indagados sobre suas dificuldades na compreensão do assunto.

O segundo questionário foi composto por três questões, exigindo que os alunos associassem geometrias com fórmulas e desenhassem modelos de moléculas. Uma pergunta nesse questionário, indagava os estudantes se eles gostaram da oficina e como ela teria os auxiliado.

Ambos questionários descritos foram aplicados somente aos 26 alunos da segunda turma de estudantes em que metodologia foi utilizada. O trabalho com a primeira turma foi realizado a fim de tomar experiência com a metodologia e aperfeiçoar a forma de abordagem em sala de aula.

Como forma de diagnosticar rapidamente a compreensão dos alunos sobre o tema e estimulá-los a elaborar hipóteses, a oficina foi iniciada com algumas perguntas, tais como:

- De que forma podemos formular explicações para o fato da água ser líquida e o dióxido de carbono

ser gás nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP)?

- A água é polar e é considerado um solvente universal. Por que se fala isso?
- Como se representa a estrutura da água? Por quê?

Essas questões tiveram a finalidade de identificar as concepções prévias dos alunos. Segundo Silva (2013), essas concepções são importantes, pois demonstram que as informações pré-existentes não são suficientes para esclarecer todas as dúvidas levantadas. A autora ainda destaca que, assim, o estudante entra em conflito com seu próprio conhecimento, percebendo a necessidade e a importância em adquirir novas informações sobre o assunto.

A próxima etapa da oficina consistiu na apresentação e discussão das moléculas tratadas nas perguntas iniciais, partindo das respostas levantadas pelos alunos. A abordagem partiu de moléculas simples e prosseguiu para moléculas mais complexas, como as que envolvem mais de quatro pares eletrônicos na camada de valência. Apresentou-se os conceitos de dois termos importantes no estudo do assunto, arranjo e geometria, diferenciando-os a partir de exemplos.

Após essas breves discussões, os alunos foram convidados a construir as moléculas. Essa etapa é importante, pois se trata de um momento em que o aluno interage com um objeto concreto e aprende fazendo. Nesse processo, ele tem oportunidades de errar, o que se torna útil para diagnosticar-se a compreensão dos alunos.

Devido limitações de espaço e da disponibilidade de material para todo o público atendido, aos alunos participantes foi solicitado que fizessem algumas estruturas moleculares e as apresentassem para os demais discentes. A Figura 2 apresenta o modo como eles puderam praticar os conhecimentos de geometria construindo modelos.

Essa forma de trabalho permite uma aprendizagem cooperativa. A linguagem do alunado também é mais compreensível por seus pares, facilitando a aprendizagem, e aproxima o professor da função de orientador. O discurso é mais uma forma do aluno expressar seus conhecimentos e uma ferramenta que pode ser utilizada pelo professor no diagnóstico da aprendizagem dos alunos.

Os questionários aplicados no início e ao fim da oficina foram analisados de forma quantitativa, obtendo estatísticas gerais do rendimento da oficina, e qualitativa, de forma a identificar e entender os erros de compreensão do conteúdo pelos alunos.



Figura 2: Alunos construindo moléculas com o apoio de modelos geométricos que informam a orientação das ligações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início da oficina, alguns alunos demonstraram que sabiam que a água era polar e que sua geometria era angular, mas não souberam explicar o porquê disso. Isso ocorre quando o ensino se dá de forma dogmática, não permitindo a análise do que é repassado.

Os resultados para a primeira e a segunda questão do questionário aplicado antes da oficina estão expressos nas Figuras 3a e 3b, respectivamente.

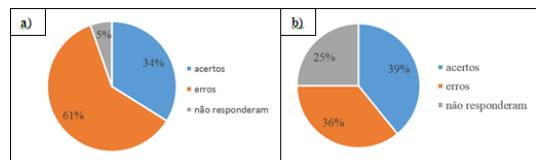


Figura 3: Resultados do desempenho dos alunos nas questões de avaliação de conhecimentos do primeiro questionário: a) Resultado para questão que exigia dos alunos relacionar fórmulas moleculares com suas respectivas geometrias; b) Resultado para questão que exigia dos alunos nomearem diferentes representações tridimensionais das geometrias moleculares.

Pelos dados do gráfico, percebe-se que, apesar do professor já ter discutido o conteúdo em sala, os alunos tiveram um baixo desempenho em associar geometrias moleculares de substâncias às suas respectivas fórmulas químicas (questão 01) e em nomear representações espaciais de moléculas (questão 02).

Na questão 01, houve o menor índice médio de acertos e o maior índice médio de erros, o que pode ser explicado pelo fato exigir dos alunos a compreensão do nível simbólico e a migração desse nível para o nível sub-microscópico (com o desenho das estruturas), enquanto na questão 02 o aluno só precisaria lembrar os nomes das estruturas representativas no nível submicroscópico apresentadas. Ainda assim, os resultados da questão 02 são insatisfatórios. Em média, 24% da questão foi de-

xada em branco pelos alunos, o que pode ser compreensível dado a recorrência de lembrar-se dos nomes. Uma vez que o porquê de determinados nomes para cada geometria não é esclarecido, fica difícil a acomodação das classificações das estruturas.

Na questão 03 do primeiro questionário, boa parte dos alunos alegaram como dificuldades para pouco entender o assunto geometria molecular a exigência de uma boa imaginação em três dimensões, o que dificultava a visualização dos conhecimentos repassados pelo professor. Alguns alunos, no entanto, afirmaram apenas que o conteúdo era chato.

Os resultados para as questões 01 e 03 do segundo questionário estão expressos nas Figuras 4a e 4b, respectivamente.

A partir dos dados do gráfico, observa-se que houve melhoria de aprendizagem do assunto pelos alunos. Na primeira questão, houve um acréscimo de 23% na média de acerto na questão e redução em 26% de erro (para quase metade da média inicial). Esses índices relativos à questão de maior complexidade do questionário mostram que os alunos ampliaram suas capacidades de relacionar diferentes níveis de compreensão, o que pode estar relacionado à forma de abordagem do assunto na oficina, que partiu de substâncias comuns no cotidiano, as quais os alunos já tinham conhecimento a nível macroscópico, seguindo para a abordagem do nível representacional das substâncias e o entendimento de suas propriedades pela elaboração de modelos representativos das suas moléculas (no nível submicroscópico).

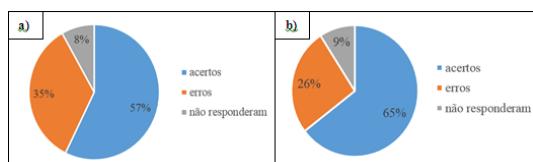


Figura 4: Resultados do desempenho dos alunos nas questões do segundo questionário referentes à avaliação de conhecimentos: a) resultados para a questão 1, que exigia dos alunos relacionar fórmulas moleculares com suas respectivas geometrias; b) resultados para questão 3, que exigia dos alunos desenhar representações tridimensionais das geometrias moleculares.

Na terceira questão do questionário pós-oficina, também houve resultados positivos na aprendizagem dos alunos. O resultado do desempenho destes, exposto na Figura 04, mostra isso. O percentual médio de acerto da questão foi de 65%, mas em média 9% da questão não foi respondida.

A questão 03 do questionário aplicado após a oficina pode ser comparável, até certo ponto, à questão 02 da avaliação de conhecimentos prévios à oficina. A diferença entre elas é que a primeira exige que o aluno

desenha geometrias com base no seu nome, enquanto a segunda pede que o aluno faça o processo contrário, nomeando geometrias já apresentadas em imagens. Além de exigir dos alunos conhecimentos sobre a distribuição espacial dos átomos de uma molécula no espaço, a questão 03 da segunda série de perguntas escritas requer que o aluno saiba representar as geometrias vistas em três dimensões em desenhos (duas dimensões). Essa mesma questão parece apresentar um nível de complexidade maior em relação à questão 02 do primeiro questionário, dado que as imagens de modelos já ajudam o aluno na resposta dessa, enquanto na outra o aluno precisa reconhecer a geometria e imaginar estruturas moleculares que se relacionem com ela.

Ainda na análise da questão 03 da segunda série de perguntas escritas, mas realizando-a de forma qualitativa, percebeu-se que, apesar da forma de abordagem nessa oficina, houve erros na compreensão de distribuição de átomos no espaço. Houve uma incidência considerável de alunos que confundiram geometria tetraédrica com piramidal. Esse erro pode ser compreensível quando se considera o fato de que algumas moléculas, apesar de apresentarem o mesmo arranjo, possuem geometrias diferentes. Um exemplo é o fato da molécula de amônia apresentar o mesmo arranjo que a molécula de metano, diferindo-se, no entanto, na geometria, sendo a da primeira denominada de piramidal e a segunda de tetraédrica. Ainda pode-se pontuar que a geometria de ambas as moléculas, se representadas por sólidos, apresentariam algumas semelhanças. Na questão 02 do segundo questionário, em que os estudantes deveriam responder se a oficina teria ajudado na aprendizagem do assunto geometria molecular, maioria deles responderam sim, mas não justificaram suas respostas. Entre as poucas justificativas levantadas, destacou-se o fato dos objetos utilizados terem ajudado a visualizar melhor o que o professor falava em aula.

4 CONCLUSÃO

Os modelos físicos foram ferramentas muito úteis na oficina realizada, pois ajudaram os discentes a construir visualizações mentais da distribuição de átomos de moléculas no espaço. Na construção dos modelos com massa de modelar, os modelos com balões e as estruturas geométricas revelaram ser importantes na compreensão pelos alunos do que eles estavam a realizar, justificando as orientações das ligações representadas e apresentadas aos demais alunos.

O uso da metodologia permitiu que os alunos melhorassem suas capacidades de transitar entre os diferentes níveis de conhecimento no entendimento de um fenômeno. Com a atividade, foi possível trabalhar a

disciplina de Química com uma maior sintonia com o processo de construção do conhecimento por cientistas.

Apesar de todas as potencialidades dos modelos, alguns erros de compreensão de geometria puderam ser detectados após a oficina, os quais poderão ser evitados se em outras abordagens do tema, for dedicado maior atenção na diferenciação de geometrias que apresentam certas semelhanças, como a tetraédrica e a piramidal.

REFERÊNCIAS

- BECKER, M. Uma alternativa para o ensino de geometria: visualização geométrica e representações de sólidos no plano. Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/17161>>. Acesso em: 04. fev. 2015.
- BEZERRA, V. A. Estruturas conceituais e estratégias de investigação: modelos representacionais e instanciais, analogias e correspondência. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 585–609, 2011.
- BRASIL. PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais. *Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Semtec, 2002.
- FERREIRA, P.; JUSTI, R. Química nova na escola. 2008.
- GILBERT, J. K. Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In: *Visualization in science education*. : Springer Netherlands, 2005. p. 9–27.
- JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? *J. Comp. Assis. Learn*, p. 75–83, 1991.
- LIMA, A. A.; SOUZA, S. R.; SILVA, S. A. Os modelos no ensino de química: uma investigação na formação inicial e continuada de professores química. In: *Anais... XVI Encontro Nacional de Ensino de Química e X Encontro de Educação Química da Bahia*. Salvador - BA: , 2012.
- MELO, M. R.; NETO, E. G. L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 112–122, 2013.
- SILVA, G. S. *A abordagem do modelo atômico de Bohr através de atividades experimentais e de modelagem*. Dissertação (Mestrado) — Santa Maria – RS, 2013.
- SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de thomson e bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Revista Investigações em Ensino de ciências*, v. 2, n. 1, p. 7–28, 2006.
- TRINDADE, L. S. P. A alquimia dos processos de ensino e de aprendizagem em química. São Paulo: Madras, 2010.
- VRIES, M. G.; FERREIRA, C.; ARROIO, A. Concepções de licenciandos em química sobre visualizações no ensino de ciências em dois países: Brasil e portugal. *Química Nova*, São Paulo, v. 37, n. 3, p. 556–563, 2014.