

A importância da representação em Química e as concepções dos estudantes a partir da síntese de ésteres

Luíza Melo de Aguiar Lira (PG)^{1*}(luizalira@iq.ufrj.br), Paula Macedo Lessa dos Santos (PQ)¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ensino de Química – PEQui. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Química. Av. Athos da Silveira Ramos, 149 – Bloco A. Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ.

Palavras-chave: Ensino de Química, Experimentação, Representação.

RESUMO: O presente trabalho evidencia a importância do aspecto representacional no ensino de Química Orgânica, numa proposta onde se busca estabelecer a inter-relação entre fenômeno químico e a sua representação por meio de fórmulas, equações e modelos. A atividade proposta foi a síntese de ésteres, aplicada em duas turmas, sendo uma de graduação e outra de ensino médio. O estudo mostrou que ambas as turmas apresentaram dificuldades similares em representar as moléculas solicitadas na forma estrutural em bastão partindo da nomenclatura sistemática. Entretanto, a sequência didática utilizada possibilitou uma discussão acerca dos modelos apresentados pelos discentes levando-os a uma reconstrução de tais modelos. A realização da reação química permitiu associar as mudanças das propriedades das substâncias às mudanças estruturais.

INTRODUÇÃO

As representações estão presentes na Química em todos os seus campos e são de importância fundamental na Química Orgânica em grande parte devido aos diversos modos de constituição de cadeias hidrocarbônicas. Além do carbono e do hidrogênio, a presença de átomos como o oxigênio em tais cadeias, pode levar à formação de substâncias classificadas como álcoois, ácidos carboxílicos, aldeídos, cetonas, éteres e ésteres. A possibilidade de isomerismo acentua ainda mais a relevância das diversas representações dos compostos orgânicos.

Nos livros didáticos do Plano Nacional do Livro Didático de 2015, analisados por Lira (2014), as propostas de experimentos existentes em Química Orgânica são poucas, e não apresentam correlação entre a nomenclatura ensinada no Ensino Médio (nomenclatura sistemática) e a nomenclatura utilizada (nomenclatura usual), o que faz com que a prática da atividade experimental não seja muito utilizada pelos professores, uma vez que o currículo brasileiro é muitas vezes baseado apenas nos conteúdos contidos no livro didático (LOPES, 1990 e CHASSOT, 1993).

Na graduação, existem disciplinas dedicadas à experimentação em Química Orgânica. Nessas disciplinas, são discutidos os aspectos fenomenológicos, porém, não há atenção aos aspectos representacionais, nem à nomenclatura, aspectos esses que poderiam ser trabalhados juntamente com os experimentos, principalmente porque a nomenclatura utilizada no laboratório difere daquela aprendida em sala de aula, uma vez que os rótulos dos reagentes trazem, muitas vezes, a nomenclatura usual.

Pela complexidade do arcabouço representacional da Química Orgânica, há que se abordar de forma estratégica este aspecto no ensino de Química, tanto no ensino superior, quanto no ensino médio. Para Roque e Silva (2008)

fica clara a impossibilidade de estudar-se química orgânica sem compreender o significado das várias representações moleculares. Significados esses que nem sempre são apresentados aos alunos e discutidos em sala de aula, durante os

cursos de química orgânica no ensino superior. Às vezes, os modelos são considerados assunto sabido; outras vezes, são simplesmente ignorados, prejudicando o aprendizado significativo do aluno. Situação muito mais grave é a que se apresenta no ensino médio quando essas representações estruturais simbólicas são apresentadas sem nenhuma explicação. O aluno associa a molécula do benzeno, por exemplo, a um hexágono com uma bolinha dentro. Esta situação torna o estudo da química orgânica uma memorização de nomes e símbolos que, sem os devidos esclarecimentos, nada têm a ver com a realidade microscópica que eles representam. Da linguagem da química, aprende-se, quando muito, apenas os nomes das coisas, sem maior significado.

Para que o aluno possa ser avaliado nesta disciplina, é necessário primeiramente verificar o domínio da linguagem química, isto é, verificar se o aluno faz uso correto das nomenclaturas e representações utilizadas pelos químicos, para que a comunicação entre o aluno e o professor possa ser estabelecida. De acordo com Wartha (2015), “o emprego de representações em Química constitui, por si mesmo, uma linguagem altamente estruturada, que deve ser aprendida pelos estudantes, para que possam compreender e expressar os conhecimentos nesse campo do conhecimento”.

A semiótica de Peirce é a ciência que estuda os signos, ciência geral de todas as linguagens. O signo é a representação de seu objeto para um interpretante (SANTAELLA, 1983).

Para Peirce, todas as coisas são divididas em três categorias: a primeira (primeiridade), que corresponde ao acaso; a segunda (secundidade), que corresponde à ação e reação; e a terceira (terceiridade), que diz respeito ao processo e à aquisição de novos hábitos. Para a relação do signo com seu objeto, a tríade é separada em ícone (primeiridade), índice (secundidade) e símbolo (terceiridade) (SANTAELLA, 1983).

O ícone é algo que se faz lembrar um objeto, como por exemplo uma nuvem em formato de um animal. Tem sempre um efeito sugestivo para o interpretante. Já o índice é uma representação que indica alguma coisa com a qual está realmente ligado, como por exemplo uma pegada de animal indica que o mesmo passou por aquele local (SANTAELLA, 1983)..

As representações utilizadas em Química não atuam como ícone ou índice, mas sim como símbolos, pois esses somente produzem sentido quando o interpretante conhece as leis, convenções ou pactos que fazem com que esse símbolo represente um determinado objeto (SANTAELLA, 1983). Portanto, o aspecto representacional e teórico devem ser indissociáveis, uma vez que só será possível compreender um símbolo se houver a compreensão do arcabouço teórico no qual o mesmo está incluído.

É por meio da representação de modelos que ocorre a comunicação na Química, e por isso, é de grande necessidade que o aspecto representacional seja trabalhado com atenção pelos professores, para que ocorra a compreensão dos conteúdos estudados, bem como sua avaliação. É necessário observar que os professores utilizam uma linguagem que não é a do aluno, na qual os professores são iniciados, mas os alunos não, e portanto, cabe ao professor decodificar essa linguagem para que os alunos possam ter acesso à mesma (CHASSOT, 1993).

O ensino de Química Orgânica visa fazer com que o aluno relacione nomenclatura, estrutura e propriedades dos compostos orgânicos (BOTH, 2007), sendo os dois primeiros aspectos representacionais, e o último fenomenológico. Assim, neste trabalho, utilizou-se a experimentação como ferramenta para facilitar o entendimento

de algumas das propriedades dos ésteres, ácidos carboxílicos e álcoois, relacionando-os com suas estruturas e nomenclaturas. As transformações químicas que ocorrem nesse processo podem ser percebidas pela mudança no aroma dos reagentes quando comparados ao produto formado. Cabe salientar que as teorias da química perpassaram o discurso docente no desenvolvimento da atividade. O conjunto de conceitos foi então trabalhado na discussão dos modelos e do fenômeno em si.

Os ésteres foram escolhidos devido a sua aplicabilidade no cotidiano dos alunos, uma vez que os ésteres de cadeia carbônica curta são utilizados como aromatizantes na indústria alimentícia devido a seu odor agradável. Alguns exemplos desses ésteres são acetato de isoamila (aroma de banana) e butanoato de etila (aroma de abacaxi) (BESSLER, 2011).

A correlação do tema estudado, ésteres, com aspectos do cotidiano é de fundamental importância para que o aprendizado ocorra de maneira efetiva e contribua para a formação do cidadão crítico com habilidade para entender e atuar no mundo em que vive, sendo esse o objetivo do ensino de Química (CHASSOT, 1993).

OBJETIVOS

- Verificar as concepções de alunos da terceira série do ensino médio e de graduação em Química acerca da nomenclatura de ésteres, ácidos carboxílicos e alcoóis.

- Estabelecer a correlação entre o aspecto fenomenológico e representacional por meio da experimentação e com a utilização de modelos moleculares utilizando material alternativo.

METODOLOGIA

As atividades foram realizadas em dois momentos distintos: uma aula ministrada no ensino médio e uma aula ministrada no ensino superior, ambas sobre a síntese de ésteres, adaptadas ao público alvo.

A atividade realizada no ensino médio foi ministrada em uma turma de terceiro ano de uma escola particular da zona norte do Rio de Janeiro, no laboratório de Química da instituição.

A aula de síntese de ésteres faz parte do currículo das turmas de Química Orgânica Experimental II da UFRJ. Esta atividade foi realizada com alunos desta disciplina, dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Química. A matéria pertence ao sexto período da grade curricular de ambos os cursos.

Na escola, atividade foi realizada no laboratório de química onde os alunos da turma foram reunidos em duplas para realizarem as etapas propostas. A cada dupla de alunos coube realizar a síntese de determinado éster. Definiu-se em um sorteio qual o éster a ser sintetizado por cada dupla. No sorteio, o éster estava representado pelo nome sistemático (com exceção dos acetatos, que apareceram com essa nomenclatura).

Foi solicitado que os alunos escrevessem em uma folha de papel a representação estrutural em bastão do éster sorteado, assim como o nome e a representação estrutural em bastão do álcool e do ácido carboxílico deveriam ser utilizados na síntese. Este papel foi entregue e os alunos não tiveram mais acesso às anotações iniciais.

Em seguida, foi discutido sobre as funções éster, ácido carboxílico e álcool, sobre a nomenclatura e algumas características, como o odor agradável dos ésteres e suas aplicações no cotidiano.

Foi solicitado aos alunos que utilizassem massa de modelar de três cores diferentes, sendo cada cor utilizada para representar um átomo, e palitos, representando as ligações covalentes estabelecidas entre os átomos constituintes de cada substância. Assim, com o material fornecido, os alunos deveriam discutir entre si a estrutura tridimensional de cada éster e do ácido e do álcool correspondentes (Figura 1), e propor a estrutura das moléculas representadas pelo modelo haste-bola.

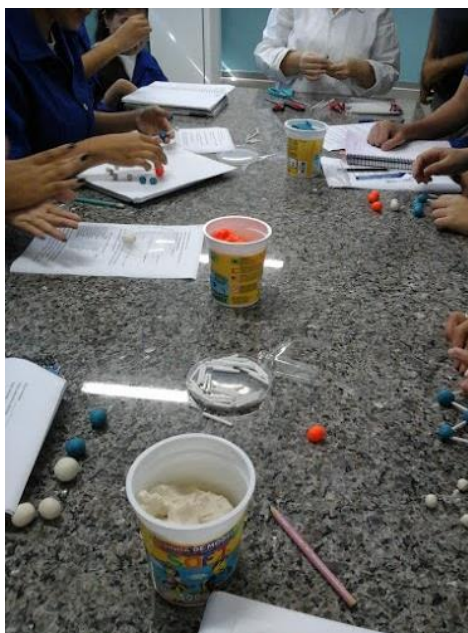


Figura 1: Realização da atividade com massa de modelar

Ao término desta etapa, a discussão acerca da representação das moléculas pelo modelo haste-bola e em bastão foi ampliada a todo o grupo pela professora. discutiu-se a representação tridimensional e a geometria molecular dos compostos representados, fazendo as correções necessárias para cada grupo, e solicitando novamente o registro em folha avulsa da estrutura em bastão e do nome do álcool e do ácido carboxílico sorteados, agora baseados na representação estrutural tridimensional realizada.

O modelo tridimensional foi utilizado para demonstrar aos alunos a reação química da formação do éster, representando o rompimento e a formação das novas ligações químicas. Cada grupo utilizou o seu modelo tridimensional para representar a reação ocorrida, e com o auxílio do mesmo, representaram novamente por escrito na forma de bastão a estrutura do produto formado.

Após ampla discussão sobre os conceitos químicos e representacionais envolvidos, foi realizada a síntese de cada éster (figura 2), por um procedimento em microescala empregando-se gotas do ácido carboxílico e do álcool em um tubo de ensaio aquecido por uma vela. Utilizou-se uma gota do ácido sulfúrico como catalisador da reação.



Figura 2: Realização da síntese do éster

Conforme as reações foram ocorrendo, foi perguntado aos alunos como eles poderiam perceber se havia ou não ocorrido uma reação química, e os produtos obtidos foram comparados entre as duplas. Uma gota do éster foi colocada em uma tira de papel de filtro para que os alunos pudessem perceber o aroma obtido em cada reação. As respostas foram dadas verbalmente e por escrito.

Foi proposto um exercício partindo de um ácido carboxílico e de um álcool que não haviam sido utilizados nos experimentos a fim de verificar o entendimento acerca das representações de outros reagentes formando outro produto. O exercício foi realizado por escrito e entregue ao final da aula.

Na universidade, a atividade foi realizada no laboratório de química orgânica, habitualmente utilizados pelos alunos, que foram organizados em duplas para a realização da síntese do éster. Pelo fato de serem alunos do nível superior em curso de Química, a manipulação de reagentes e aparelhagem de laboratório foi permitida em maior grau.

Os ésteres a serem sintetizados por cada dupla de alunos foram sorteados com o nome usual, contido nos rótulos dos reagentes que seriam utilizados, e posteriormente, os nomes sistemáticos foram apresentados a eles. Solicitou-se que os alunos escrevessem em uma folha avulsa a fórmula estrutural em bastão do éster sorteado, do álcool e do ácido carboxílico que seriam utilizados para a síntese, e essa folha foi recolhida.

Em seguida, os alunos iniciaram o procedimento de síntese do éster (Figura 3) utilizando a aparelhagem clássica para a reação de esterificação de Fischer.



Figura 3: Síntese dos ésteres

Dado início à reação, pediu-se aos alunos que construíssem as moléculas anteriores utilizando o modelo haste-bola, com massa de modelar e palitos (Figura 4). Discutiu-se então a geometria molecular e o mecanismo da reação da síntese dos ésteres, utilizando-se o modelo construído por eles.



Figura 4: Construção do modelo haste-bola utilizando massinha e palitos

Após o término da reação, os alunos compararam os aromas obtidos, verificando as diferenças entre os reagentes utilizados, o éster formado por cada um, e o éster formado pelos colegas, discutindo sobre as mudanças ocorridas com base nas propriedades organolépticas das substâncias.

RESULTADOS

No ensino médio, dos 12 alunos presentes, nenhum deles representou corretamente a fórmula em bastão das substâncias solicitadas antes da realização da discussão acerca dos modelos estruturais (Figura 5). A representação das moléculas por suas fórmulas gera confusão entre os estudantes que suprimiram os hidrogênios na fórmula condensada (Figura 5a). Nota-se que não se tem clareza quanto à constituição do grupo funcional, ao número máximo de ligações covalentes e a natureza de cada átomo da ligação (Figura 5b). Ainda que se represente determinado carbono numa fórmula de bastão (ou de traços), o aluno não fez a correspondência correta entre o número de carbonos no restante da cadeia carbônica ou não associou corretamente ao nome usual acético = 2 carbonos (Figura 5c).

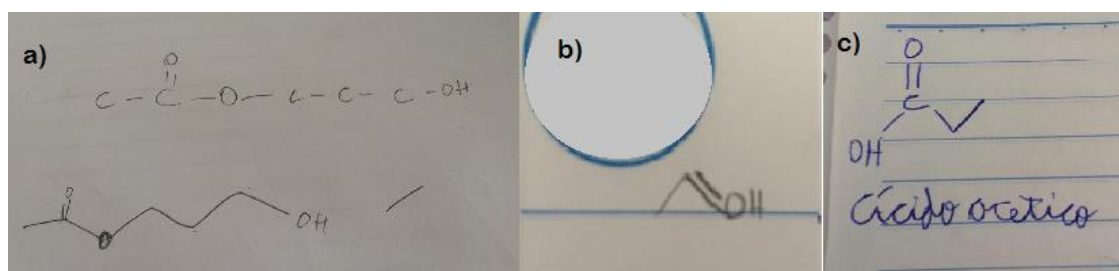


Figura 5. Exemplos de representações em bastão inicialmente produzidas pelos alunos do ensino médio.

Quanto ao uso do modelo haste-bola, durante a atividade, os alunos perguntaram sobre a necessidade de se representar os hidrogênios no modelo tridimensional. Todos representaram as moléculas de forma plana, sem considerar a geometria da molécula (Figura 6). Os alunos fizeram uma aproximação ao modelo estrutural plano como em geral são as representações estruturais presentes nos livros didáticos e como reproduzem em seus cadernos escolares.



Figura 6: Exemplo de representação plana utilizando modelo tridimensional.

Após a atividade com massinha de modelar e a subsequente discussão da fórmula tridimensional, a conectividade entre os átomos e a caracterização dos grupos funcionais, os alunos conseguiram representar corretamente as moléculas por sua fórmula estrutural ou em bastão. Apenas um aluno representou a fórmula estrutural em bastão evidenciando todos os hidrogênios, misturando a representação em bastão com a representação estrutural (Figura 7). Neste caso o processo de aquisição do conhecimento adquirido na discussão acerca da fórmula tridimensional pode ter feito o movimento inverso, influenciando a representação plana.

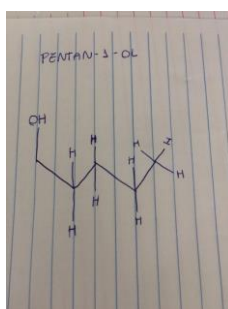


Figura 7: Representação em bastão evidenciando os hidrogênios da cadeia hidrocarbônica.

A verificação da ocorrência das reações químicas pelos alunos foi feita pela mudança no odor dos reagentes antes e depois da reação, verificando o odor do produto formado.

Todos os alunos relataram que o modelo tridimensional e a síntese dos ésteres contribuíram para o aprendizado, porém grande parte dos alunos afirmou que isto ocorreu porque puderam “visualizar” as moléculas. Expressões como “aparência física”, “enxergar a molécula como ela realmente é”, “moléculas a olho nú” dão a entender que os alunos podem conceber um modelo como sendo a situação real. É importante que o

professor esclareça que os modelos em Ciência, ainda que sejam úteis e imprescindíveis, visam uma aproximação da realidade e não são ela de fato.

No ensino superior, dos seis alunos da graduação presentes na atividade, nenhum aluno reconheceu o nome usual dos ésteres, mas embora o nome sistemático tenha sido dito para todos os casos, nenhum deles representou corretamente a fórmula do éster sorteado.

Quatro alunos acertaram a fórmula estrutural em bastão do ácido carboxílico e três alunos acertaram a do álcool. Dois alunos confundiram fórmula estrutural em bastão com fórmula molecular na representação do ácido carboxílico. Um aluno utilizou mais de uma fórmula estrutural para representar o n-propanol, sendo uma correta (propan-1-ol) e outra errada (propan-2-ol). Alguns alunos erraram o número de ligações dos carbonos do éster, representando-os com 3 ou 5 ligações (Figura 8). Um aluno confundiu a função éster com éter.

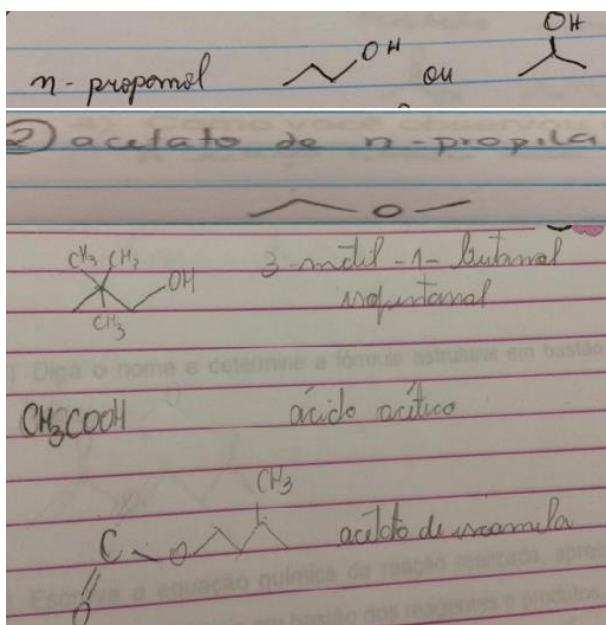


Figura 8: Exemplos de representações encontradas na graduação

Ao representarem as moléculas com o modelo haste-bola tridimensional, os alunos acertaram o número de carbonos, oxigênios e hidrogênios e também as ligações entre eles, porém, representaram de maneira plana, desconsiderando a geometria molecular, conforme a figura abaixo:

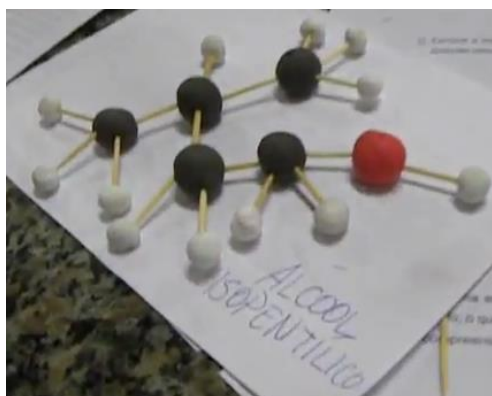


Figura 9: Representação plana utilizando modelo tridimensional

Durante a confecção, os alunos tiveram dúvida se na representação tridimensional deveriam ser representados também os hidrogênios.

Houve uma discussão a respeito da estrutura tridimensional das moléculas, e os alunos fizeram os ajustes necessários para que as representações tridimensionais considerassem a geometria, como verificado na figura a seguir.

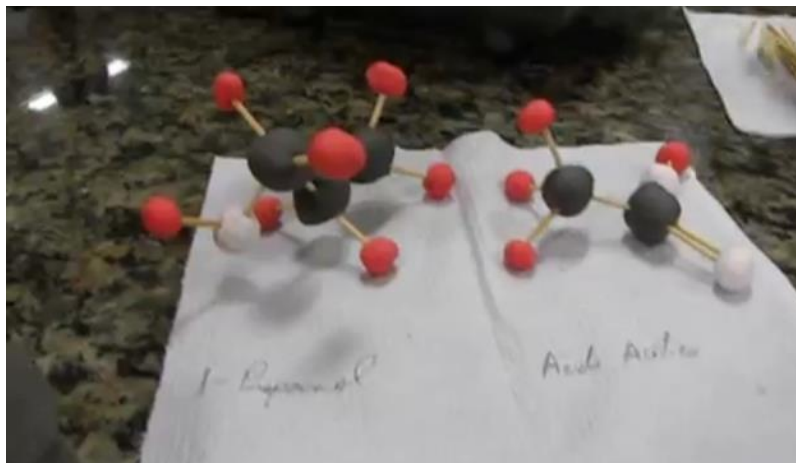


Figura 10: Representação do modelo haste-bola após correções

Após a discussão, foi solicitado que os alunos representassem novamente as mesmas moléculas na fórmula estrutural de bastão, e dois alunos erraram a representação, repetindo a estrutura que haviam colocado anteriormente. Os demais representaram corretamente.

Todos os alunos consideraram que a atividade experimental e a utilização de modelo tridimensional facilitaram o entendimento da síntese de ésteres, citando que ambos tornam a reação mais visível e menos abstrata.

Todos os alunos realizaram corretamente o exercício que pedia a fórmula estrutural dos produtos e reagentes para a formação do butanoato de etila, o que evidencia que os alunos compreenderam o conteúdo abordado, porém dois alunos desenharam um “C” fazendo dupla ligação com o oxigênio, mostrando que para alguns, ainda há confusão entre as formas de representação na química orgânica.

CONCLUSÃO

Embora a atividade tenha sido adaptada para os diferentes níveis de educação na qual foi aplicada, os resultados encontrados para o ensino médio e o ensino superior não foram muito diferentes entre si.

Com a pesquisa, foi possível verificar que os alunos, tanto do ensino médio quanto do ensino superior, cometeram erros na representação estrutural em bastão dos ésteres, álcoois e ácidos carboxílicos a partir da nomenclatura fornecida. Porém, após a utilização dos modelos moleculares, a maior parte dos alunos foi capaz de representar a fórmula estrutural em bastão correta das moléculas estudadas, o que mostra a importância da representação tridimensional na concepção dos alunos acerca das representações em Química Orgânica, passando de uma representação mais concreta para uma representação mais abstrata.

Foi possível verificar também que, embora estejam na graduação em licenciatura em Química, o grupo de alunos de nível superior apresentou os mesmos erros de nomenclatura e representação que o grupo de alunos do ensino médio, o que

mostra que a graduação contribuiu pouco ou nada para o entendimento da nomenclatura e das representações das estruturas da molécula.

Em ambos os níveis de ensino, os alunos representaram primeiramente a fórmula estrutural plana embora utilizando o modelo tridimensional, mostrando que não foi feita a relação entre conceitos aprendidos, como geometria molecular, e a representação de uma molécula no espaço.

A conversão entre as diferentes formas de representação que existem na Química Orgânica não ocorre de maneira automática para os alunos de ambos os níveis nos quais a atividade foi aplicada. Mesmo no nível superior, no qual espera-se que o aluno tenha mais experiência com as representações, as particularidades de cada uma delas e os conceitos evidenciados por cada representação não são dominadas pelos alunos.

Fica evidenciada então a necessidade da atenção em relação aos aspectos representacionais envolvidos no ensino de Química Orgânica por parte dos professores, que devem verificar se os alunos são capazes de assimilar não somente os conceitos, mas principalmente as representações envolvidas nesta disciplina, a fim de melhorar a comunicação entre o professor, que domina a linguagem química, e o aluno, que está sendo iniciado nessa linguagem.

Quanto á síntese dos ésteres, os alunos se mostraram empolgados por estarem no laboratório e poderem manusear os reagentes, já que a síntese foi realizada pela própria dupla. Essa vivência é importante para os alunos pois mostra a química ocorrendo na prática, e a percepção dos aromas sintetizados, como o aroma de banana, ajuda os alunos a perceberem que a Química está presente no seu cotidiano, o que contribui para seu aprendizado.

No nível superior, a atividade fez com que a aula não se limitasse a apenas entrar no laboratório e seguir um roteiro de forma mecânica, mas houve uma reflexão sobre a prática considerando diversos aspectos, inclusive fazendo-os refletir sobre o nome presente nos rótulos e o que eles realmente querem dizer, e sobre a importância da representação na sua vivência enquanto alunos e futuramente, na prática docente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTH, L. **A química orgânica nas salas de aula e nos livros didáticos**. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Educação, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

BESSLER, K.E.; NEDER, A.V. Aromas e Fragrâncias. In: **Química em Tubos de Ensaio – Uma abordagem para principiantes**. São Paulo: Blucher, p. 164-168. 2011.

CHASSOT, A, I. Nossos três interrogantes capitais. In: CHASSOT, Attico I. **Catalisando transformações na educação**. Ijuí: Editora Unijuí. p. 37-56. 1993.

LIRA, L.M.A. **A nomenclatura dos compostos orgânicos nos livros didáticos do PNL D 2015**. 2014. 56 f. Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) – Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

LOPES, A.R.C. Livros Didáticos: Obstáculos Verbais e Substancialistas ao Aprendizado da Ciência Química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v.74, n.177, p.309-334, 1993.

ROQUE, N.F.; SILVA, J.L.P.B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. **Química Nova**, v. 31, n.4, p. 921-923. 2008.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. São Paulo: Editora Brasiliense. 1983.

WARTHA, E.J.; REZENDE, D.B. A elaboração conceitual em Química Orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 21, n. 1, p. 49-64. 2015.