

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo
desta dissertação será
disponibilizado somente
a partir de 15/08/2020.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Adriano Pozzo Maioralli

Elaboração de significados com o uso de representações químicas no Ensino
Superior de Química

São José do Rio Preto
2018

Adriano Pozzo Maioralli

Elaboração de significados com o uso de representações químicas no Ensino
Superior de Química

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto

Financiadora: CNPq – Proc. 458235/2014-8
CAPES – Proc. 33004153078P4

Orientador: Prof. Dr. Jackson Gois

São José do Rio Preto
2018

Maioralli, Adriano Pozzo.

Elaboração de significados com o uso de representações químicas no ensino superior de química / Adriano Pozzo Maioralli. -- São José do Rio Preto, 2018

112 f. : il.

Orientador: Jackson Gois

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Química – Estudo e ensino. 2. Ensino superior. 3. Significação. 4. Visualização. 5. Semiótica. 6. Linguagem. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. II. Título.

CDU – 541(07)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

Adriano Pozzo Maioralli

Elaboração de significados com o uso de representações químicas no Ensino
Superior de Química

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto

Financiadora: CNPq – Proc. 458235/2014-8
CAPES – Proc. 33004153078P4

Comissão Organizadora

Prof. Dr. Jackson Gois
UNESP – São José do Rio Preto
Orientador

Prof. Dr. Marcelo Giordan
USP – São Paulo

Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin
UNESP – Presidente Prudente

São José do Rio Preto
15 de agosto de 2018

Para minha família, especialmente minha irmã (*in
memorian*) e meu pai (*in memorian*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pelo que ela me proporciona.

Ao IBILCE e à nossa história de amor e ódio, agradeço pelo acolhimento desde 2010, pelo crescimento intelectual, profissional e pessoal; agradeço pelos amigos que fiz e pelas festas e greves que participei.

À minha família que não mediu esforços para que eu pudesse seguir na minha formação acadêmica. À minha mãe Maria de Lourdes e ao meu pai Antônio (*in memorian*), por terem me educado da melhor maneira possível e por terem me mostrado que a honestidade e a dignidade são os bens mais valiosos da vida.

À minha tia Teka e à vó Adélia, por terem feito parte da família desde sempre, por terem sido minhas duas outras mães e por contribuírem na minha educação e em quem sou hoje.

À minha irmã Camila (*in memorian*), pelo exemplo de inteligência, determinação e luta em todos os momentos da vida. Certamente a vontade de ingressar na Universidade Pública foi motivada por você, bem como a continuidade no Mestrado e, quem sabe, no Doutorado. Onde quer que esteja, muito obrigado!

Aos amigos que fiz durante a graduação, especialmente Jessika, Monica e Brenda: a caminhada foi mais leve com vocês ao meu lado.

À Regina, pelo incondicional auxílio em todos os campos da minha vida, que com sua lucidez me ajudou a dar conta daquilo que eu jamais teria conseguido sozinho.

Ao meu orientador e professor Jackson Gois, por toda paciência, contribuição na organização dos dados, horas e horas de reuniões individuais e, principalmente, pela extrema compreensão nos momentos de dificuldade.

Aos professores doutores Gustavo Gibin e Marcelo Giordan, pelas valiosas contribuições dadas no exame de qualificação para a melhoria deste trabalho.

Aos amigos que fiz ao participar do GPESig (Grupo de Pesquisa em Ensino e Significação), Marciana, Matheus, Teily, Gabriela, Juliana e, principalmente, Juliane, por termos nos amparado nos momentos de tristeza, decepção e desilusão. Mas, acima de tudo, por nos divertirmos e tornarmos tudo mais leve e possível de ser vivido. Ju, os humilhados foram exaltados!

A todos os meus professores, do Ensino Básico ao Superior que, de alguma forma, contribuíram para que hoje eu tenha chegado onde estou.

Aos meus alunos, pelas experiências enriquecedoras e pelo crescimento profissional e pessoal que me proporcionaram.

Aos graduandos de Química da UNESP de São José do Rio Preto, por aceitarem participar dessa pesquisa.

Às professoras doutoras Vera e Ieda, por permitirem que usássemos suas aulas da graduação para a obtenção dos dados desta pesquisa.

Ao CNPQ (processo 458235/2014-8) e à CAPES (33004153078P4) pelos auxílios financeiros.

Às minhas perdas e aos meus ganhos, todos eles, que foram os responsáveis por quem sou hoje.

“Este o nosso destino: amor sem conta,
distribuído pelas coisas pérfidas ou nulas,
doação ilimitada a uma completa ingratidão,
e na concha vazia do amor a procura medrosa,
impaciente, de mais e mais amor.

Amar a nossa falta mesma de amor, e na secura nossa
amar a água implícita, e o beijo tácito, e a sede infinita.”

(Carlos Drummond de Andrade)

RESUMO

As representações químicas são fundamentais na composição do conhecimento químico e são igualmente importantes nos processos de ensino e aprendizagem desse campo de conhecimento. Com o objetivo de uma melhor compreensão do papel das representações químicas na elaboração do conhecimento químico e da conseqüente melhoria do Ensino Superior, neste trabalho, utilizamos modelos moleculares em atividades de ensino em disciplinas de Ensino Superior em Química como apoio para a aprendizagem. Na análise dos resultados, utilizamos, como material, as interações discursivas presentes na gravação de vídeos e as próprias atividades escritas dos estudantes. Para os vídeos, empregamos uma metodologia desenvolvida em nosso grupo de pesquisa (GPESig – Grupo de Pesquisa em Ensino e Significação) em que, a partir de uma única filmagem, obtemos dados de áudio e vídeo individuais de duplas de trabalho nas atividades. A análise dos dados foi realizada a partir da transcrição dos áudios e com o auxílio da Teoria da Ação Mediada (WERTSCH, 1998), a partir da qual fizemos a análise da elaboração de significados com o uso de representações químicas. Ao analisar as interações discursivas dos alunos, classificamos alguns aspectos de fala, de acordo com as categorias propostas nesse trabalho de Indicação, Similaridade e Lei, inspiradas na segunda tricotomia da semiótica peirceana. Durante o processo de aprendizagem, notamos a existência de três etapas comuns às duplas analisadas, resumidas no (1) uso do modelo concreto, (2) exercício de fala e (3) representação no papel e concluímos que o modelo molecular concreto possibilita aos estudantes o melhor uso que é feito da linguagem, o que contribui na aprendizagem dos conceitos químicos.

Palavras-chave: significação; representação química; visualização; semiótica; linguagem.

ABSTRACT

Chemical representations are fundamental in the composition of chemical knowledge and are equally important in the process of teaching and learning of this field of knowledge. With the objective of a better understanding of the role of chemical representations in the elaboration of chemical knowledge and the consequent improvement of Higher Education, in this work, we used molecular models in higher education courses in Chemistry as support for learning. In the analysis of the results, we used discursive interactions present in the recording of videos and the students' own written activities. For the videos, we used a methodology developed in our research group (GPESig - Research Group on Teaching and Meaning) in which, from a single filming, we obtain individual audio and video data of work pairs in the activities. The analysis of the data was supported by the Mediated Action Theory (WERTSCH, 1998), from which we made the analysis of the elaboration of meanings with the use of chemical representations. When analyzing students' discursive interactions, we rated some aspects of speech according to the proposed categories in this work, as Indication, Similarity e Rule inspired by Peirce's semiotics second triad. During the learning process, we noticed three common steps to the students, summed up in (1) concret model use, (2) speaking practice and (3) paper written representation and we concluded that concret model allows students better language use, that contributes in chemical concepts learning.

Keys words: meaning; chemical representation; visualization; semiotics; language.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tricotomias e categorias de acordo com a semiótica de Peirce.	18
Quadro 2 – Classificação das categorias de análise inspiradas na tricotomia de Peirce.	68
Quadro 3 – Início da atividade.	71
Quadro 4 – Romeu, embora não se recorde do assunto visto na aula anterior, inicia um esboço de lembranças.....	72
Quadro 5 – Discussão inicial sobre a atividade, os alunos escrevem no papel.	73
Quadro 6 – Notamos um primeiro momento em que os alunos usam objetos que possam representar as ligações e grupos.....	74
Quadro 7 – Munidos de lápis, lapiseiras e canetas, os alunos tentam construir a molécula da atividade.....	75
Quadro 8 – Os estudantes utilizam expressões que, por força de lei, começam a depender menos da similaridade.....	77
Quadro 9 – Os alunos buscam entender como ocorre a rotação em torno da ligação simples.	78
Quadro 10 – Os estudantes promovem a rotação em torno da ligação simples.	79
Quadro 11 – Os alunos precisam promover a rotação em torno de uma ligação simples e representar no papel utilizando as projeções de Newman.	81
Quadro 12 – Os alunos desenham as conformações dos máximos e mínimos e entregam a folha de atividades com as respostas.....	83
Quadro 13 – Última etapa da atividade.	84
Quadro 14 – Início da atividade com o uso do objeto molecular comercial.	87
Quadro 15 – Após a construção da molécula os alunos partem para a rotação em torno da ligação simples.....	88
Quadro 16 – Os alunos chamam a professora.	90
Quadro 17 – O auxílio da professora.....	91
Quadro 18 – Finalização da atividade.	92
Quadro 19 – Comparação de alguns turnos de fala de Romeu.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Triângulo de Johnstone (1991) e termos correspondentes, entre parênteses, propostos por Mortimer, Machado e Romanelli (2000).	31
Figura 2 – O pentagrama de Burke com os elementos que compõem a ação humana.	43
Figura 3 – Exemplo de disposição dos números para a resolução de multiplicação.	47
Figura 4 – Resolução da multiplicação.	47
Figura 5 – Objeto molecular comercial utilizado em parte das atividades realizadas.	62
Figura 6 – Sequência das atividades ocorridas durante a gravação dos dados.	63
Figura 7 – Croqui da sala de aula em que foram obtidas as gravações de áudio e vídeo. A área colorida indica o campo de filmagem da câmera.	64
Figura 8 – Representação artística da sala de aula no dia em que foi realizada a coleta de dados.	65
Figura 9 – Representação de uma projeção de Newman em sua forma estrelada (a) e projeção de Newman do 2-metilpentano, molécula do exercício proposto (b).	70
Figura 10 – Os alunos da dupla analisada usando canetas e lapiseiras para a construção da molécula.	77
Figura 11 – Primeira tentativa de promover a rotação com o uso de canetas compondo o modelo rudimentar.	79
Figura 12 – Resposta de Julieta e Romeu, entregue ao fim do primeiro momento da atividade.	85
Figura 13 – Respostas de Páris e Mercúcio.	86
Figura 14 – Imagens da folha de respostas entregue ao fim do segundo momento da atividade.	93

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
Justificativa	13
Objetivos	15
Objetivo Geral.....	15
Objetivos Específicos.....	15
Estrutura do Trabalho	15
1 REPRESENTAÇÃO E SEMIÓTICA.....	17
1.1 A semiótica de Peirce – breve panorama.....	17
1.2 Representação no Ensino de Química.....	23
1.2.1 Níveis de representação química	30
1.2.2 Dificuldades envolvidas na representação química	35
1.3 Da mente para a linguagem.....	39
2 A TEORIA DA AÇÃO MEDIADA DE JAMES WERTSCH	41
2.1 A tarefa da análise sociocultural	41
2.2 Propriedades da ação mediada.....	45
2.2.1 A ação mediada caracteriza-se por uma tensão irreduzível entre o agente e os meios mediacionais	46
2.2.2 Os meios mediacionais são materiais	49
2.2.3 Os meios mediacionais restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação.....	51
2.2.4 Novos meios mediacionais transformam a ação mediada	54
2.2.5 A relação dos agentes com os meios mediacionais pode caracterizar-se do ponto de vista do domínio.....	55
2.2.6 A relação dos agentes com os meios mediacionais pode caracterizar-se do ponto de vista da apropriação	58

3 METODOLOGIA	62
3.1 As aulas	62
3.2 A gravação dos dados – arquivos de áudio e vídeo	63
3.3 O equipamento	65
3.4 O recorte dos vídeos e a sincronização dos arquivos de áudio	66
3.5 Tratamento dos dados	66
3.6 Categorização dos aspectos de fala.....	67
4 RESULTADOS	70
4.1 Análise dos turnos de fala: estudantes sem o modelo molecular.....	71
4.1.1 A demanda por tridimensionalidade, uma primeira etapa	71
4.1.2 Manipular tridimensionalmente ajuda a falar tridimensionalmente	76
4.1.3 Reelaboração impregnada de tridimensionalidade – a Similaridade ganha força de Lei	81
4.2 Análise dos turnos de fala: estudantes com o modelo molecular	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS	100
ANEXO A	111
ANEXO B	112

INTRODUÇÃO

Justificativa

Durante minha primeira graduação, em 2010, no curso de bacharelado em Química Ambiental oferecido na UNESP, campus de São José do Rio Preto, iniciei, também, a vida profissional na área de ensino num cursinho pré-universitário particular. Minhas principais atividades neste cursinho, como monitor de Química, eram auxiliar os alunos com suas dúvidas teóricas e, principalmente, resolver os exercícios de vestibulares que os estudantes traziam.

No período inicial da graduação, senti muita insegurança e desencanto com o curso, às vezes proporcionados pelas expectativas criadas quando somos vestibulandos e que não são correspondidas ao ingressarmos na universidade; às vezes decorrentes da falta de humanização dos departamentos de Química, Física e Matemática, da pouca importância com o bem estar dos alunos, da habitual atividade centrada na apresentação e da transmissão dos conteúdos das ementas; em todo caso, situações que acredito serem responsáveis por causar sensações típicas nos alunos que ingressam na universidade pública e veem-se deslocados e desmotivados.

Ao mesmo tempo em que me deparava com esses sentimentos, eu recebia muitos elogios dos alunos do cursinho, por conta das “boas explicações” e “por fazer entender melhor” os exercícios de Química. Isso me incentivou a desejar mais a área de ensino e menos a bancada do laboratório, os experimentos e a vida acadêmica na área dura da Química. Após dois anos de curso, a modalidade Licenciatura em Química passou a ser oferecida no campus de Rio Preto, o que muito me interessou. Decidi que, após o término da primeira, iria para a segunda graduação, com o objetivo de melhorar minha formação docente.

Em 2013, no último ano do bacharelado em Química Ambiental, não mais trabalhando no cursinho particular, pude também participar de um dos projetos de extensão da UNESP, o dos cursinhos pré-universitários gratuitos, destinados a alunos de comprovada carência socioeconômica, e, durante cinco anos, fui professor no cursinho VestJr, em São José do Rio Preto, lecionando na frente de físico-química.

Com a finalização do bacharelado, iniciei a graduação no curso de Licenciatura em Química e, no primeiro ano dessa graduação, em 2014, participei, também, de um processo seletivo para fazer parte do grupo PIBID Química, coordenado pelo professor Dr. Jackson Gois, do qual participei durante 3 anos.

Nele, pude ter minhas primeiras vivências em escolas públicas das mais variadas condições estruturais, sociais e institucionais tanto em sala de aula quanto na sala de professores e, nas reuniões semanais do PIBID, as discussões eram ricas e incentivadoras. Com a participação no PIBID, vieram minhas primeiras participações em eventos destinados ao ensino de Química, com trabalhos que eram fruto do que desenvolvia nas escolas parceiras. Muitos desses trabalhos tinham como tema as representações químicas e a aprendizagem de Química. Todas as experiências vividas junto às visitas nas escolas por conta das disciplinas de estágios obrigatórios do curso de licenciatura e das reflexões nas disciplinas oferecidas pelo Departamento de Educação fizeram com que o interesse pela área aumentasse e a vontade de fazer pós-graduação surgisse.

Um dia fui até a sala do professor Jackson e perguntei a respeito das opções de instituições e programas de pós-graduação em Ensino ou Educação. Após elencar os programas mais conhecidos e conceituados das universidades públicas do estado de São Paulo, o professor me informou sobre o novo programa de pós-graduação em Ensino e Processos Formativos que seria implementado em breve. Nessa conversa, ao apresentar seus projetos de pesquisa, aceitei a ideia de participar do processo seletivo da primeira turma do programa de pós-graduação em Ensino e Processos Formativos, ingressando no segundo semestre de 2016.

Ao mesmo tempo em que era aluno do mestrado e da licenciatura, era, também, monitor de Química Orgânica para os alunos da graduação. Durante as atividades de monitoria, percebia que muitos estudantes a frequentavam apenas em época de provas, o que é plausível tendo em vista as exigências do curso de graduação, como a elevada carga horária, além dos estágios, da iniciação científica e outras atividades. Obviamente, os alunos de graduação do curso também estão matriculados em outras disciplinas, muitas das quais são temidas e conhecidas por seu alto índice de reprovação e, dessa forma, é compreensível que a ida à monitoria não fosse frequente, ocorrendo principalmente na semana anterior à data da prova. Além disso, observava que os alunos eram, em sua maioria, condicionados a utilizar técnicas de memorização, sem procurar entender em nível atômico-molecular o que ocorria. Isso me incomodava e, na tentativa de buscar entender como os alunos são beneficiados ao utilizarem modelos moleculares concretos, surgiu a ideia para o projeto do mestrado. Dessa forma, escolhemos como problema de pesquisa a seguinte questão: De que forma os modelos moleculares contribuem na aprendizagem dos alunos?

Todas as experiências enriquecedoras aqui citadas contribuíram para a corporificação deste trabalho que traz, de um lado, o mestrado em Ensino com a fundamentação teórica para analisar os episódios a que nos propomos estudar e, de outro, as atividades a serem analisadas,

que ocorriam em uma disciplina de Química Orgânica, disciplina comum aos alunos da licenciatura e do bacharelado em Química e presente também na grade curricular de outros cursos, o que indica a importância da Química Orgânica na formação de alunos de graduação em diversas áreas.

Neste trabalho, buscamos investigar como ocorre a aprendizagem de alguns conteúdos próprios da Química Orgânica com atividades em que os alunos têm a opção de utilizar e manipular objetos moleculares concretos, bem como utilizar representações químicas escritas em papel. A partir da gravação do vídeo e do áudio destes episódios e sua posterior análise, procuramos propor de que modo essas ferramentas auxiliam a linguagem e, dessa forma, como contribuem para a aprendizagem.

Objetivos

Elencamos, a seguir, os objetivos deste trabalho do seguinte modo.

Objetivo Geral

Entender como ocorre a elaboração de significados com o uso de representações químicas.

Objetivos Específicos

1. Analisar como representações químicas em suportes variados (plástico, papel) contribuem para a aprendizagem de alunos do Ensino Superior em Química;
2. Verificar como as representações químicas dão suporte à linguagem dos estudantes durante as atividades propostas.
3. Compreender de que maneira algumas categorias semióticas de inspiração peirceana contribuem para nossa compreensão sobre a elaboração de significados.

Estrutura do Trabalho

O presente trabalho é estruturado em 4 capítulos.

No Capítulo 1, *Representação e Semiótica*, buscamos aproximar as ideias de *representação* e *visualização*, muito presentes em artigos veiculados em revistas destinadas ao

Ensino de Química, à luz da semiótica peirceana. A classificação de Peirce (2005) apresenta uma riqueza que este trabalho não é capaz de abarcar e, assim, foram pinçadas algumas de suas relações triádicas para que servissem como inspiração na análise dos dados e nas considerações acerca do uso de representações químicas por alunos de graduação. Não temos a menor pretensão de sermos abrangentes, e sim mostrar alguns aspectos que nos interessam neste trabalho, além de familiarizar o leitor, caso ainda não iniciado, nas obras de Peirce. Ainda no Capítulo 1, uma revisão bibliográfica sobre representação e visualização é feita, destacando-se, também, as dificuldades apresentadas pelos alunos nesse aspecto do conhecimento químico.

No Capítulo 2, *A teoria da ação mediada de James Wertsch*, trazemos um recorte da Teoria da Ação Mediada, presente no livro *Mind as Action*, de 1998, e buscamos apresentar e utilizar alguns dos elementos da teoria proposta por Wertsch, aplicando-os no nosso problema de pesquisa.

No Capítulo 3, *Metodologia*, apresentamos a metodologia utilizada para a coleta e obtenção dos dados e a forma com base na qual foram analisados. Além disso, estabelecemos algumas relações entre os capítulos 1 e 2 para discutirmos os dados obtidos.

Por fim, no Capítulo 4, *Resultados*, apresentamos os episódios analisados e procuramos relacioná-los com o referencial teórico adotado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As observações aqui realizadas e as sugestões propostas a partir da análise do vídeo da dupla foco Julieta e Romeu podem ser generalizadas para as outras duplas foco que filmamos, mas que não foram apresentadas neste trabalho.

De modo geral, percebemos algumas etapas durante a resolução da atividade comuns a todas as duplas. Notamos também que essas etapas funcionam como degraus que tem como propósito, ou ponto de chegada, o domínio de algumas ferramentas culturais importantes dentro da comunidade de químicos. De fato, não podemos afirmar que houve alto grau de domínio dessas ferramentas culturais apenas observando as interações discursivas e a folha de respostas das duplas que analisamos durante a atividade de 2 horas. Para chegarmos a uma conclusão a respeito do grau de domínio atingido seria necessário que mais momentos fossem registrados ao longo de todo o semestre. Entretanto, esse não é o objetivo do nosso trabalho. O que buscamos compreender, e conseguimos obter de forma mais clara ao analisarmos os vídeos de Julieta e Romeu e de outras duplas de estudantes, é que, para que os alunos dominem as ferramentas culturais são necessárias algumas etapas que compõem o processo de elaboração de significados.

Notamos que a primeira etapa ocorre quando os alunos demonstram a necessidade de um meio material capaz de representar os aspectos tridimensionais e estruturais da molécula. Percebemos, em diversas duplas foco, uma primeira tentativa de resolução da atividade por meio de representações escritas no papel. Entretanto, na maioria das vezes, a resolução realizada utilizando apenas o papel não se mostrava satisfatória. Após as discussões com o uso das representações no papel e dos gestos com as mãos e na ausência de um kit ou modelo molecular específico, os graduandos procuram por conta própria alternativas que possam servir como algo que seja um modelo, o que denominamos de *demandas por tridimensionalidade*. No caso específico analisado, essa necessidade de materialidade ocorre principalmente na ocasião em que os estudantes devem entender como se relacionam a energia potencial e as conformações, representadas por meio das projeções de Newman. Existe, na primeira etapa, uma clara referência à similaridade dos signos e o que eles representam. Essa necessidade de tridimensionalidade existe menos por criar imagens mentais, ou visualizações internas, nos estudantes e mais para que eles possam, então, passar a falar de modo tridimensional, ponto de passagem para a segunda etapa do processo.

Na segunda etapa, os alunos, tendo como suporte o modelo concreto, conseguem exercer a linguagem de modo mais assertivo e, assim, passam a falar mais apropriadamente a respeito

do assunto. Nesse momento os estudantes passam a exercitar melhor a linguagem, pois acreditamos que os lápis e canetas que compõem o modelo rudimentar ou o objeto molecular comercial proporcionam um suporte para que os alunos falem adequadamente a respeito do objeto molecular, de modo que características de semelhança são importantes para que sejam utilizados termos que são considerados como regras dentro da comunidade de químicos. Assim, o exercício da linguagem se mostra mais elaborado quando eles possuem um modelo tridimensional, mesmo que não seja o objeto molecular comercial destinado à construção de moléculas. Nessa etapa, recorrer à semiótica e caracterizar os aspectos das falas dos alunos é interessante pois conseguimos notar que as expressões com aspectos de signos classificados por nós como Indicação e Lei passam a ser mais utilizadas. Isso significa que os graduandos, ao utilizarem o modelo que traga similaridade à estrutura tridimensional da molécula, passam a falar mais apropriadamente acerca dos assuntos da Química que envolvem aspectos estruturais e tridimensionais. E após o entendimento dessas questões tridimensionais (possibilitadas pela Similaridade), a linguagem dos estudantes sofre uma transformação e passam agora a utilizar signos classificados como Lei, reelaborados, contaminados de tridimensionalidade e, com isso, notamos a ocorrência de mais um passo rumo à terceira etapa do processo.

Na terceira etapa, sem ser necessário mais a manipulação do modelo tridimensional, os estudantes passam a usar a linguagem tridimensional como força de lei, como uma regra. Nesse ponto, pode-se dizer que foi atingido certo grau de domínio da ferramenta cultural. Isso significa que os alunos utilizam representações químicas mais elaboradas, ou reelaboradas, quando são auxiliados pela similaridade do modelo molecular (seja ele rudimentar ou não) e, dessa forma, a importância do uso de modelos moleculares se encontra no fato de que essas ferramentas melhoram a aprendizagem por possibilitarem justamente o trânsito entre as categorias semióticas e, ao mesmo tempo, o exercício da linguagem química dos estudantes.

Acreditamos que outra importante contribuição desse trabalho se encontra na exemplificação das características elencadas por Wertsch (1998) a respeito das propriedades da ação mediada e das ferramentas culturais. Faremos uma recapitulação daquelas que utilizamos neste trabalho, iniciando pela tensão irreduzível sempre presente entre o agente e a ferramenta cultural, propriedade central da Teoria da Ação Mediada. De fato, durante praticamente toda a atividade analisamos a dupla-foco, ou os agentes, numa tensão irreduzível com as ferramentas culturais por eles utilizadas, tais como a rotação dos grupos em torno da ligação simples específica, as representações químicas, como as projeções de Newman, as fórmulas estruturais, os nomes das substâncias e elementos. Assim, como afirma Wertsch (1998), qualquer forma de ação será muito difícil, senão impossível, de se realizar se nela não estiver envolvida uma

ferramenta cultural e um usuário habilidoso no seu manuseio. A observação que fazemos é de que a habilidade no manuseio da ferramenta cultural é alcançada conforme o agente a utiliza, isto é, ocorre o domínio da ferramenta cultural à medida que o uso da ferramenta cultural permite ao usuário mais habilidade, conforme exposto neste trabalho.

A segunda propriedade claramente observada é a de que os meios mediacionais são materiais. Essa observação é comprovada na demanda por tridimensionalidade, onde foi necessário utilizar o que se tinha disponível num primeiro momento, no caso as canetas e lápis dos próprios estudantes, na tentativa de utilizar um meio material na realização da ação. Nesse ponto é importante ressaltar que a ferramenta cultural é o uso que se faz de uma determinada ferramenta material, que neste trabalho pode ser representada pelo modelo rudimentar, pelo objeto molecular comercial e pelas representações escritas no papel. Ou seja, canetas, lápis e objetos moleculares comerciais não são as ferramentas culturais, e sim ferramentas materiais. Os usos que são feitos desses objetos, como a construção de um objeto molecular a partir das canetas, a rotação em torno das ligações e os outros usos citados ao longo do trabalho é que podem ser considerados ferramentas culturais, as quais mantêm uma forte dependência com um meio material conforme observamos em nossos dados.

A terceira propriedade da ação mediada diz respeito ao fato de que os meios mediacionais restringem e ao mesmo tempo possibilitam a ação. Exatamente nesse sentido, a ação só foi possibilitada, no primeiro momento, a partir do uso das canetas e lápis e, no segundo momento da atividade, com o uso do objeto molecular comercial. Isso nos leva a examinar se a quarta propriedade da ação mediada, em que Wertsch (1998) afirma que novos meios mediacionais transformam a ação, possa ser aplicada no caso específico observado durante a resolução das atividades. No nosso trabalho, entendemos que a demanda por tridimensionalidade possibilitou a ação, uma vez que essa ação ainda não existia antes do uso de um objeto material que trouxesse aspectos tridimensionais. A ação, entanto, foi pouco transformada quando foi inserido um novo meio mediacional, aqui evidenciado no momento da troca do modelo rudimentar pelo objeto molecular comercial. Foram transformações singelas, mais relacionadas à facilidade de manuseio e encaixe das peças de plástico do que transformações determinantes para provocar mudanças significativas nos três passos que verificamos. Isto é, embora o objeto molecular comercial forneça facilidades e maior praticidade quando comparado com o modelo rudimentar, ainda assim a sequência de etapas para a resolução da atividade permanece semelhante.

As quinta e sexta propriedades da ação mediada, que tratam da relação entre os agentes e os meios mediacionais do ponto de vista do domínio e da apropriação, respectivamente,

finalizam os exemplos. Como já dissemos, para afirmarmos que houve alto grau de domínio das ferramentas culturais seria necessário mais tempo e outros momentos de observações das interações dos estudantes, assim como no caso da apropriação, que visa observar o uso da ferramenta em outros contextos. Dessa forma, preferimos reconhecer que este trabalho trouxe reflexões a respeito das etapas pelas quais os estudantes passam para que possam, futuramente, atingir o domínio de determinadas ferramentas culturais da Química.

Finalmente, concluímos que o uso de modelos, quer sejam os de plástico destinados à construção de moléculas, quer sejam os rudimentares, feitos de canetas e lápis, por todas as características que citamos, tem enorme parcela de importância dentro do processo de domínio da ferramenta cultural e, dessa forma, contribuem fortemente para a elaboração de significados e na consequente melhoria do Ensino Superior.

Como sugestão para futuros trabalhos que tenham interesse em seguir nessa direção, propomos o aprofundamento na filosofia do austríaco Ludwig Wittgenstein e a ilustração por ele proposta, a dos jogos de linguagem, não tratados nesse trabalho. Com certeza as contribuições de Wittgenstein trariam melhores esclarecimentos a respeito do uso das representações químicas no processo de aprendizagem, quer seja no Ensino Básico ou no Superior, e se mostram, portanto, como um campo fértil para o desenvolvimento de pesquisas na área da elaboração de significados.

REFERÊNCIAS

ADELL, E. A. A. **A questão de Molyneux em Diderot**. 2010. 118f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Departamento de Filosofia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ARAÚJO NETO, W. N. **Formas de uso da representação estrutural no ensino superior de química**. 2009. 228f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ARDAC, D.; AKAYGUN, S. Using static and dynamic visuals to represent chemical change at molecular level. **International journal of science education**, v. 27, n. 11, p. 1269-1298, 2005.

BAKHTIN, M. M. **The dialogic imagination: Four essays by M. M Bakhtin** (M. Holquist, ed.; C. Emerson & M. Holquist, trans.). Austin: University of Texas Press, 1981.

BALABAN, A. T. Visual chemistry: Three-dimensional perception of chemical structures. **Journal of Science Education and Technology**, v. 8, n. 4, p. 251-255, 1999.

BARNEA, N.; DORI, Y. J. High-school chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. **Journal of Science Education and Technology**, v. 8, n. 4, p. 257-271, 1999.

BENTO DOS SANTOS, C. A.; CURI, E. Registros de representação semiótica e suas contribuições para o ensino de física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 3, 2012.

BEN-ZVI, R.; EYLON B.; SILBERSTEIN J. Students' visualization of a chemical reaction. **Education in chemistry**, v. 24, n. 4, p. 117-120, 1987.

BRUICE, P. Y. **Química Orgânica**. 4ª ed. v. 1. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

BURKE. K. **Language as symbolic action**. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1966.

CALDEIRA, A. M. A.; SILVEIRA, L. F. B. O processo evolutivo: uma análise semiótica. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 5, n. 1, p. 95-100, 1998.

CHITTLEBOROUGH, G.; TREAGUST, D. Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. **Research in science education**, v. 38, n. 4, p. 463-482, 2008.

CLARK, J. M.; PAIVIO, A. Dual coding theory and education. **Educational psychology review**, v. 3, n. 3, p. 149-210, 1991.

COOK, M. Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. **Science education**, v. 90, n. 6, p. 1073-1091, 2006.

_____; WIEBE, E. N.; CARTER, G. The influence of prior knowledge on viewing and interpreting graphics with macroscopic and molecular representations. **Science Education**, v. 92, n. 5, p. 848-867, 2008.

COPOLO, C. E.; HOUNSHELL, P. B. Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry. **Journal of science education and technology**, v. 4, n. 4, p. 295-305, 1995.

DALLEMOLE, J. J.; GROENWALD, C. L. O.; RUIZ, L. M. Os registros de representação semiótica no estudo da reta com enfoque na geometria analítica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 2, p. 149-178, 2011.

DE BRITO REZENDE, D.; WARTHA, E. J. The levels of representation in de teaching of chemistry and the categories of Peirce' s semiotics. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 275-290, 2011.

DE VASCONCELOS, F. C. G. C.; ARROIO, A. Explorando as percepções de professores em serviço sobre as visualizações no ensino de química. **Quim. Nova**, v. 36, n. 8, p. 1242-1247, 2013.

EVANS, K. L.; YARON, D.; LEINHARDT, G. Learning stoichiometry: a comparison of text and multimedia formats. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 9, n. 3, p. 208-218, 2008.

FERK, V; VRTACNIK, M.; BLEJEC, A.; GRIL, A. Students' understanding of molecular structure representations. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 10, p. 1227-1245, 2003.

FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. Visualizações no ensino de química: concepções de professores em formação inicial. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 3, p. 199-208, 2013.

_____; _____. Teacher's education and the use of visualizations in chemistry instruction. **Problems of Education in the 21st Century**, v. 16, p. 48-53, 2009.

_____; _____; REZENDE, D. B. Uso de modelagem molecular no estudo dos conceitos de nucleofilicidade e basicidade. **Química Nova**, v. 34, n. 9, p. 1661-1665, 2011.

GABEL, D.; SHERWOOD, R. The effect of student manipulation of molecular models on chemistry achievement according to Piagetian level. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 17, n. 1, p. 75-81, 1980.

GARCIA LANDA, J. A. *Pantallas terminológicas*. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2673978>. Acesso em: 04 jan. 2017.

GIBIN, G. B. As dificuldades de compreensão sobre o conceito de solução representado em nível submicroscópico por estudantes latino-americanos. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 1, n. 1, p. 72-81, out., 2015.

_____; FERREIRA, L. H. Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 1, p. 19-26, 2013.

_____; _____. A formação inicial em química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. **Quim. Nova**, v. 33, n. 8, p. 1809-1814, 2010.

GILBERT, J. K. Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In: **Visualization in science education**. Springer Netherlands, p. 9-27, 2005.

_____; REINER, Miriam; NAKHLEH, Mary (Ed.). **Visualization: Theory and Practice in Science Education. Models and Modelling in Science Education**. Springer, 2008.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados**. Ijuí: Unijuí, 2008.

_____; GÓIS, J. Constructor of molecular objects: an interface for creation and visualization in computing environments. **Enseñanza de las ciencias**, n. Extra, p. 0001-4, 2005.

_____; SILVA-NETO, A. B.; AIZAWA, A. Relações entre Gestos e Operações Epistêmicas Mediadas pela Representação Estrutural em Aulas de Química e suas Implicações para a Produção de Significados. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. Especial, p. 82-94, 2015.

GOBERT, J. D. Leveraging Technology and Cognitive Theory on Visualization to Promote Students' Science. In: **Visualization in science education**. Springer Netherlands, p. 73-90, 2005.

GOIS, J. **Filosofia do Ensino de Ciências: Significação e Representações Químicas**. Ijuí: Unijuí, 2017.

_____. **A significação de representações químicas e a filosofia de Wittgenstein**. 2012, 278f. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

_____. **Desenvolvimento de um ambiente virtual para estudo sobre representação estrutural em Química**. 2007. 173 f.. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – modalidade Química) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

_____; GIORDAN, M. Semiótica na química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, v. 7, p. 34-42, 2007.

GORRI, A. P. **Análise semiótica de representações moleculares na comunicação de conhecimentos sobre ácidos e bases em livros-texto de química orgânica: primeira e segunda tricotomia peirceana.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2014.

HABRAKEN, C. L. Integrating into chemistry teaching today's students's visuospatial talent and skills, and the teaching of today's chemistry's graphical language. **Journal of Science Education and Technology**, v. 13, n. 1, p. 89-94. 2004.

HOFFMANN, R.; LASZLO, P. Representation in chemistry. **Angewandte Chemie International Edition in English**, v. 30, n. 1, p. 1-16, 1991.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of chemical education**, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

_____. Why is Science difficult to learn? Things are seldom that what they seem. **Journal of computer assisted learning**, v. 7, p. 75-83, 1991.

_____. Macro and microchemistry. **The school Science review**, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.

KEIG, P. F.; RUBBA, P. A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 8, p. 883-903, 1993.

KLEIN, U. **Tools and modes of representation in the laboratory sciences.** Springer Science & Business Media, 2001.

KOZMA, R. B. Learning with media. **Review of educational research**, v. 61, n. 2, p. 179-211, 1991.

_____; RUSSELL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. **Journal of research in science teaching**, v. 34, n. 9, p. 949-968, 1997.

_____; RUSSELL, J. Students becoming chemists: Developing representational competence. In: **Visualization in science education**. Springer Netherlands. 121-145. 2007

KRAJCIK, J. S. Developing students' understanding of chemical concepts. **The psychology of learning science**, p. 117-147, 1991.

_____; _____; MARX, N; CHIN, E. The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 9, n. 2, p. 105-143, 2000.

_____; _____, _____; JONES, T.; DAVIS, J. The use of multiple, linked representations to facilitate science understanding. In: **Based on presentations at the NATO Symposium on International Perspectives on the Psychological Foundations of Technology-Based Learning Environments, Crete, Greece, Jul 1992, and at the 5th EARLI Conference, Aix-en-Provence, France, Sep 1993**. Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1996.

LABARCA, M. Acerca del triangulo de Johnstone: algunos comentarios filosóficos. Caderno de resumos da **1ª Conferência Latino-americana do International History, Philosophy and Science Teaching Group**, p. 101, 2010.

LABURÚ, C. E.; DA SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 7-33, 2016.

LARKIN, J. H.; SIMON, H. A. Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. **Cognitive science**, v. 11, n. 1, p. 65-100, 1987.

LIU, H.-C.; ANDRE, T.; GREENBOWE, T. The impact of learner's prior knowledge on their use of chemistry computer simulations: A case study. **Journal of Science Education and Technology**, v. 17, n. 5, p. 466-482, 2008.

MACHADO, A. H. **Aula de química: discurso e conhecimento**. Editora Unijuí, 1999.

MACHADO, E. S. A. **Semiose da Representação Estrutural de van't Hoff e suas implicações no Ensino de Química**. Rio de Janeiro, 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MARSON, G. A.; TORRES, B. B. Fostering multirepresentational levels of chemical concepts: a framework to develop educational software. **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 12, p. 1616-1622, 2011.

MARTINS, I. Dados como diálogo—Construindo dados a partir de registros de observação de interações discursivas em salas de aula de ciências. **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**, v. 2, p. 297-321, 2006.

MORTIMER, E. F. O significado das fórmulas químicas. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 19-21, 1996.

_____; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 273-283, 2000.

NOH, T.; SCHARMANN, L. C. Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem-solving ability. **Journal of research in science teaching**, v. 34, n. 2, p. 199-217, 1997.

NÖTH, W. **Panorama da semiótica: de Platão a Peirce**. São Paulo: Ed. Annablume (4ª ed), 2003.

NYE, M.J. **From chemical philosophy to theoretical chemistry**. Berkeley, CA: University of California Press. 1993.

OBLINGER, D. G. Multimedia in the classroom. **Information Technology and Libraries**, v. 12, n. 2, p. 246-248, 1993.

PALACIOS, F. J. P.; GARCÍA, J. J. G. ¿ Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas?. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 5, n. 2, p. 3, 2006.

PASELK, R. J. Visualization of the abstract in general chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 71, n. 3, p. 225-226, 1994.

PEIRCE, C. S. *Semiótica*. São Paulo. Ed. Perspectiva. 3a ed. 2005.

PELLEGRINET, Silvina C.; MATA, Ernesto G. A set of hands-on exercises on conformational analysis. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 1, p. 73-74, 2005.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 1, 2012.

REGO, T. C. **Vigotski: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 16ª ed. Petrópolis: Vozes, 2004.

REZENDE, F. S.; QUEIROZ, S. L. **Química estrutural: conhecendo os caminhos que levaram ao seu desenvolvimento**. 2005.

RIEBER, L. P. Animation as feedback in a computer-based simulation: Representation matters. **Educational technology research and development**, v. 44, n. 1, p. 5-22, 1996.

ROZZELLE, A. A.; ROSENFELD, S. M. Stereoscopic projection in organic chemistry: Bridging the gap between two and three dimensions. **Journal of Chemical Education**, v. 62, n. 12, p. 1084, 1985.

RUSSELL, J. W.; KOZMA, R. B.; JONES, T.; WYKOFF, J.; MARX, N.; DAVIS, J. Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to

enhance the teaching and learning of chemical concepts. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 3, p. 330-334, 1997.

SALVADEGO, W. N. C. **Interpretação das gesticulações dos estudantes no laboratório de química baseada na semiótica de Peirce**. 2015. 167f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

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

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, p. 7, 2005.

SAWYER, B. A. Concept learning versus problem solving: Revisited. **Journal of Chemical Education**, v. 67, n. 3, p. 253, 1990.

SCALCO, K. C. **Estudos das representações sobre ligações químicas nos livros didáticos e suas contribuições para o processo de aprendizagem**. 2014. 179 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2014.

_____; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Representações Presentes nos Livros Didáticos: Um Estudo Realizado para o Conteúdo de Ligação Iônica a Partir da Semiótica Peirceana. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 134-142, 2015.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, n. supl 1, p. 14-24, 2002.

SCHÖNBORN, K. J.; ANDERSON, T. R. The importance of visual literacy in the education of biochemists. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 34, n. 2, p. 94-102, 2006.

SMITH, K., METZ, P. Evaluating student understanding of solution chemistry through microscopic representations. **Journal of Chemical Education**, v. 73, n. 3, p. 233, 1996.

SOUZA, K. A. F. D. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX.** 2012. 189p. Tese – Programa de Pós-Graduação em Química. Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

_____; PORTO, P. A. Elementos da semiótica peirceana na educação em Química: considerações e possibilidades. 2010.

SRINAVASAN, A. R.; OLSON, W. K. Viewing stereo drawings. **Journal of Chemical Education**, v. 66, n. 8, p. 664, 1989.

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

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

TREAGUST, D.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 11, p. 1353-1368, 2003.

TUCKEY, H.; SELVARATNAM, M.; BRADLEY, J., Identification and rectification of student difficulties concerning three-dimensional structures, rotation, and reflection. **Journal of Chemical Education**, v. 68, n. 6, p. 460, 1991.

TURNER, K. E. A supplemental course to improve performance in introductory chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 67, n. 11, p. 954, 1990.

VIGOTSKI, L. S. **A Formação Social da Mente.** Martins Fontes. 1994.

_____. **Mind in society harvard university press.** Cambridge, MA, 1978.

WARTHA, E. J. **Processos de ensino e aprendizagem de conceitos de Química Orgânica sob um olhar da Semiótica Peirceana**. 2013. 239f. Tese. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

WERLE DE ALMEIDA, L. M.; PESSOA DA SILVA, K. A. Semiótica e as ações cognitivas dos alunos em atividades de Modelagem Matemática: um olhar sobre os modos de inferência. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 3, 2012.

WERTSCH, J. V. **Mind as action**. New York, USA: Oxford Univ. Press, 1998.

WU, H. -K. Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom. **Science Education**, v. 87, n. 6, p. 868-891, 2003.

_____; SHAH, P. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Science education**, v. 88, n. 3, p. 465-492, 2004.

_____; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of research in science teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001.