

A transição entre a linguagem diagramática para a discursiva no ensino de química: um estudo no conceito de átomo

Débora Schmitt Kavalek¹, José Cláudio Del Pino¹, Marcos Antônio Pinto Ribeiro² e Diogo Onofre de Souza¹

¹Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. ²Instituto de Química da Universidade Estadual da Bahia, Brasil. Emails: quimicadebora@hotmail.com; delpinojc@yahoo.com.br; marcolimite@yahoo.com.br; diogo@ufrgs.br.

Resumo: Uma das principais dificuldades no ensino-aprendizagem em química é a transição entre linguagens. O presente artigo trata de como realizar a interconexão entre a linguagem diagramática (representações, modelos) e a linguagem discursiva (conceitos) nas aulas de química. Para tal realizou-se um trabalho com alunos do ensino médio e educação de jovens e adultos de uma escola estadual do município de Carlos Barbosa, RS. Primeiramente os alunos desenharam um modelo de átomo, após trocaram as ilustrações entre si e, cada qual desenvolveu um conceito de átomo a partir do desenho do colega. Em seguida, efetuou-se um trabalho pautado na diagramaticidade, ou seja, nas representações de átomos e moléculas, onde se possibilitou a compreensão das representações em seus contextos de estudo. Através de diferentes linguagens: modelos concretos, apresentação oral, escrita, virtual, compondo um cenário rico e apresentando com clareza peculiaridades das estruturas representadas, construiu-se, com a classe de alunos, um conhecimento químico que não seria possível utilizando apenas palavras e imagens estáticas. Verificaram-se mudanças na linguagem diagramática e discursiva dos estudantes, contribuindo para a construção de conceitos e efetivação do conhecimento.

Palavras-chave: filosofia da química, linguagem discursiva e diagramática, átomo.

Title: The transition between the diagrammatic language for discursive in chemistry teaching: a study in the atom concept.

Abstract: One of the main difficulties in teaching-learning in chemistry is the transition between languages. This article deals with how to realize the interconnection between diagrammatic language (representations, models) and discursive language (concepts) in chemistry classes. For that, a work was carried out with high school students and education of young people and adults of a state school of the municipality of Carlos Barbosa, RS. First, the students designed an atom model, after exchanging the illustrations with each other, and each developed an atom concept from the colleague's drawing. Next, a work based on diagrammaticity was carried out, that is, in the representations of atoms and molecules, where it was possible to understand the representations in their study contexts. Through different languages: concrete models, oral presentation, writing, virtual, composing a

rich scenario and presenting with clarity peculiarities of the structures represented, a chemical knowledge was built with the class of students that could not be done using only words and images static. There were changes in the diagrammatic and discursive language of the students, contributing to the construction of concepts and effectiveness of knowledge.

Keywords: chemical philosophy, language diagrammatic and discursive, atom.

Introdução

O ensino de química apresenta muitas dificuldades, incertezas, desafios e críticas. Uma das principais dificuldades que identificamos como indicador de aprendizagem e prática química é a interconexão entre linguagem diagramática e discursiva, ou seja, a transição entre a representação (modelo) e o conceito, nas aulas de química, entre a linguagem específica (da ciência) e a natural (espontânea).

O presente estudo fundamenta-se principalmente em pesquisa própria sobre a Filosofia da Química (FQ) (Kavalek, 2013), campo disciplinar constituído por uma variedade de autores (Araujo-Neto 2012; Chamizo 2012; Earley, 2010; Gavroglu e Simões 2012; Harré e Llored, 2011; Labarca e Lombardi, 2010; Lombardi e Llored 2012; Restrepo e Villaveces 2012; Ribeiro 2012; Scerri, 2007; Talanquer 2012). Durante o percurso de pesquisa e, tendo em vista as dificuldades vislumbradas na educação em química no ensino básico, considerou-se a necessidade de avaliar problemas no ensino e possibilidades de constituir uma ligação entre a filosofia da química (FQ) e a educação em química. Nessa aproximação, ainda em seu início, tanto em nível de Brasil como internacional, identificou-se a relação entre a linguagem diagramática e discursiva como um problema central no ensino e aprendizagem em química (Ribeiro, 2014). A razão principal é que a química possui uma linguagem própria e fundamentalmente diagramática, entretanto, quando pensamos, nos comunicamos, falamos, estamos utilizando no ensino, principalmente a linguagem discursiva. A relação entre diagramas, imagens, representações e conceitos é central para o ensino e pesquisa em química, e assim, um indicador de sua efetiva prática, porém, um dos maiores desafios no ensino de química. Acresce-se a este problema o fato de esta uma ciência ser caracterizada por um pluralismo de estilos cognitivos, didáticos e epistemológicos (Ribeiro e Costa Pereira, 2012).

O ser humano possui diferentes maneiras de ver o mundo e distintas formas de conhecimento, correspondentes a diversas realidades e diversas culturas. Cada indivíduo pode estruturar o seu pensamento de tal forma a construir sua própria representação para cada teoria. Bachelard (2009) descreve a noção de perfil epistemológico, em que doutrinas epistemológicas estão na raiz dos conceitos científicos, isto é, nenhum princípio filosófico independente é aceitável para delinear todas as formas de pensamento, sendo que as distintas visões de mundo se integram. A maneira como abordamos os conceitos é fortemente influenciada pelo contexto com o qual estamos lidando. Mortimer (1992); Mortimer e El Hani, (2014), em suas pesquisas, afirma que os estudantes possuem uma série de ideias alternativas sobre os conteúdos de química e essas concepções, muitas vezes são difíceis de serem mudadas. Assim, conceitos e

representações estão sujeitos a conflitos de interpretações. Os professores, no intuito de ressignificar e reconstituir os esquemas conceituais dos estudantes e promover a substituição das ideias prévias por conhecimento científico, fazem uso de diferentes explicações, modelagens, linguagem e recursos para esclarecer um conteúdo, gerando, muitas vezes, entendimentos confusos, que não condizem com o conhecimento científico. As aproximações que os docentes realizam bem como as explicações “ilustradas” para deixar os conceitos mais “fáceis” de serem entendidos podem levar a equívocos e problemas no ensino de química.

Como influência no desenvolvimento desta pesquisa, considerou-se o valor de se investigar a representação de átomo e molécula, um conteúdo de imensa importância no currículo e que, muitas vezes, denota um entendimento que não é cientificamente aceito, pelos estudantes que passaram por um processo de ensino de noções científicas. Reconhecer a representação de átomo e molécula como um processo que envolve reflexões filosóficas, ou como uma soma de processos, tornou-se um propósito nas investigações. Como uma consequência dessa escolha verificou-se a necessidade de estudar a noção de representação e modelo, com bases teóricas na Filosofia da Química. Conhecer a epistemologia dos termos representação e modelo, para, depois trabalhar com estudantes em sala de aula, visando o desenvolvimento da habilidade de transitar entre linguagens. Sendo assim, o objetivo principal do presente artigo é mostrar como se estabeleceu a transição da linguagem diagramática (modelo) para a discursiva (conceito), após uma metodologia de ensino relacionada às representações e modelos, em sala de aula.

Realizou-se, portanto, um trabalho que busca integrar reflexões filosóficas à educação em química, com cinco turmas de ensino médio e de educação de jovens e adultos (EJA), num total de 73 alunos de uma escola estadual. A escola está localizada no município de Carlos Barbosa, no Rio Grande do Sul. Neste artigo, estabeleceremos uma abordagem filosófica acerca de como os docentes podem explicar e apresentar as representações, para que os discentes possam realizar a transposição da linguagem diagramática para a discursiva, contribuindo para a construção de conceitos e efetivação do conhecimento.

A dimensão diagramática no ensino de química

Nos últimos anos tem ocorrido um grande avanço sobre os estudos do pensamento diagramático, caracterizando para alguns autores uma virada icônica (Pombo, 2010). Entre os estudos sobre o pensamento diagramático destacam-se principalmente os de Leibniz, mas teve em Charles Sanders Peirce (2005) um dos maiores expoentes ao trabalhar e desenvolver uma filosofia do signo. Para Peirce, signo é aquilo que, sob certo aspecto ou modo, representa algo ou alguém, materiais perceptíveis, imagináveis, ou, até mesmo, inimagináveis. Dirige-se a um indivíduo, isto é, cria na mente desta pessoa um signo equivalente, ou talvez, um signo mais aperfeiçoado. Um signo representa alguma coisa, o seu objeto, não em todos seus sentidos, mas em uma ideia. Pierce identifica três ramos da ciência semiótica: o primeiro, a gramática pura, determina o que pode ser verdadeiro a fim de que possam identificar um significado ao signo; o segundo, a lógica, que possa ser aplicado a qualquer objeto, a fim de que

possam ser verdadeiros. O terceiro ramo, a retórica pura, determina as leis pela qual um pensamento gera o outro. Para que algo possa ser um signo, deve representar alguma coisa, onde signo e explicação formam outro signo, sendo que exigirá uma explicação, que constituirá outro, mais amplo, e assim por diante. Agindo dessa forma podemos chegar a um signo de "si mesmo contendo sua própria explicação e a de suas partes significantes" (Peirce, 2005). Por isso, o signo pode ser entendido como uma explicação do seu objeto.

A experiência da reflexão nos leva a representar melhor o pensamento. O signo a que nos referimos nesse trabalho encaixa-se próximo ao que Pierce define como "símbolo didático", um símbolo ligado ao seu objeto através de ideias gerais, onde a "existência ou lei que ele traz à mente deve ser realmente ligada com o objeto indicado" (Peirce, 2005). A filosofia da química presente neste domínio nos remete à imagem, à representação, o pensamento diagramático, ao signo. Segundo Ribeiro

trata-se de compreender a diagramaticidade e a semiótica própria do pensamento químico, as diversas formas de representações e a razão simbólica presentes na química, suas relações com as subdisciplinas, principalmente com a orgânica, a relacionalidade e processualidade do pensamento químico e, finalmente, a lógica relacional e recursiva das construções químicas. Desenvolvem-se, assim, a competência representacional e sintética e a compreensão do sistematismo químico (Ribeiro, 2014, p. 312-313).

Ribeiro (2014) defende a diagramaticidade como mais uma característica/estilo da práxis química. Não há como conceber a química sem imagens (Gonçalves-Maia, 2010). A ciência Química é capaz de "construir mundos ficcionais". Fórmulas, esquemas, desenhos, linguagem, símbolos, permeiam o ensino da química e têm feito com que esta dimensão seja uma das mais importantes do campo da filosofia da química. Na tabela a seguir, Ribeiro (2014) sintetiza as principais articulações do estilo diagramático da práxis química.

Grande temática	A diagramaticidade do pensamento químico
Objetivo	Integrar conteúdos químicos com a filosofia dos signos, pensamento diagramático.
Conteúdos	O <i>status</i> epistemológico da imagem, do diagrama: O pensamento diagramático; Representação da química: Fórmulas estruturais, diagramas, signos; Peirce e a química; Habilidades visuais e dificuldades no ensino da química; Estrutura x propriedade; Topologia química; Representação química no tempo.
Tensões	Modelo/realidade, artificial/natural.
Competência	Representacional
Tipo de conhecimento	Diagramático

Tabela 1- Articulações da dimensão diagramática. Fonte: RIBEIRO, M.A.P. Integração da Filosofia da Química no currículo de formação inicial de professores. Contributos para uma filosofia no ensino. Tese doutoral. Lisboa, 2014.

Na didática da química, a diagramaticidade tem sido explorada com a "modelagem" (Ribeiro, 2014). O problema, segundo o autor, é que o simbólico está sujeito a conflitos de interpretações. Ribeiro argumenta:

Um diagrama tem as seguintes características: Simultaneidade: forma de exteriorização da mente humana, tais como mapas, esquemas, tabelas, diagramas; podem-se ver relações, proposições, conceitos; Espacialidade: é um espaço significativo; Hibridismo: trata de termos icônicos e linguísticos; Referencialidade: sempre tem um referente no mundo, são transcrições; Operatividade: tem também a finalidade de operar, guiar ações; Dependência: tem alguma dimensão tácita, depende do texto, do contexto onde está inscrito (Ribeiro, 2014, p. 248).

Portanto, a área de estudo da FQ presente em nossa pesquisa é a diagramaticidade e, dentro desta, analisaremos as representações e a modelagem no ensino de química. No diagrama da Figura 1, sintetizamos a área de abrangência de nossa pesquisa.

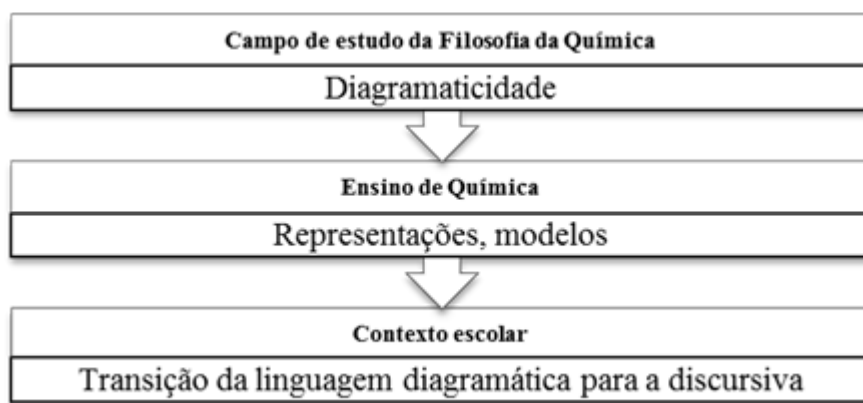


Figura 1- Articulação entre a FQ e o ensino de química

Representação e modelos

Representação é um vocábulo de origem medieval que indica imagem ou ideia, ou ambas as coisas (Abbagnano, 2007, p. 853). O uso desse termo foi inicialmente sugerido aos escolásticos pelo conceito de conhecimento como "semelhança" ao objeto. Mas foi principalmente no fim da escolástica que esse termo passou a ser mais usado, às vezes para indicar o significado das palavras. Abbagnano (2007) distinguia três significados fundamentais:

Representar tem vários sentidos. Em primeiro lugar, designa-se com este termo aquilo por meio do qual se conhece algo; nesse sentido, o conhecimento é representativo, e representar significa ser aquilo com que se conhece alguma coisa. Em segundo lugar, por representar entende-se conhecer alguma coisa, após cujo conhecimento conhece-se outra coisa; nesse sentido, a imagem representa aquilo de que é imagem, no ato de lembrar. Em terceiro lugar, por representar entende-se causar o conhecimento do mesmo modo como o objeto causa o conhecimento (Abbagnano, 2007, p.853).

Para Mora, em seu Dicionário de Filosofia, o termo representação é usado como vocábulo geral que pode referir-se a diversos tipos de apreensão de um objeto intencional (Mora, 1978). Assim se fala de representação para se

referir à fantasia intelectual ou sensível no sentido de Aristóteles; à impressão direta ou indireta, à apresentação sensível, intelectual interna ou externa de um objeto intencional, ou representação, no sentido dos escolásticos; à reprodução na consciência de percepções anteriores combinadas de vários modos, à imaginação no sentido de Descartes à apreensão sensível; à percepção, no sentido de Leibniz; à ideia no sentido de Locke, Hume; à apreensão geral, que pode ser intuitiva, conceitual ou ideal, de Kant; à forma do mundo dos objetos como manifestação da vontade, no sentido de Schopenhauer, etc. Esta multiplicidade de aplicações do vocábulo representação, segundo o Dicionário de Filosofia, retorna-o de uso incômodo, tanto em filosofia como em psicologia. É necessário, quando se fale de representação, especificar em que sentido se emprega o conceito.

Sendo assim, o termo representação, discutido neste trabalho, refere-se ao que foi originado historicamente, e proposto para ser ensinado a um grupo, no caso, que faz parte de um currículo de química do ensino médio. É tarefa da educação escolar a conversão do saber objetivo ou científico em saber escolar, de modo a torná-lo assimilável pelos alunos (Saviani, 1994). Para Peirce (2005), representar é “estar em lugar de”, ou seja, estar numa posição que possa ser considerado o outro. Um signo representa seu objeto, que “excita uma ideia através de uma reação sobre o cérebro”. A única maneira de comunicar uma ideia é através de um ícone. No caso desse trabalho, utilizaremos como ícone os modelos de átomo e molécula. Ainda analisando as ideias de Peirce (2005), no que diz respeito aos ícones, compreendemos que, observando um ícone, devemos descobrir outras verdades relativas ao objeto, sendo possível através de uma imagem, transitar para uma análise, uma explicação, e, posteriormente, ser possível o desenvolvimento de um conceito.

A natureza dos modelos e das representações no ensino de química é de interesse crescente na filosofia da química contemporânea, uma vez que observamos diversos filósofos da ciência interessados pelo tema. “Como são as explicações na química moderna? Elas são autônomas em relação às explicações da física? Qual é a natureza dos modelos químicos?” (Labarca, Bejarano e Eichler, 2013). Segundo os autores, ocorrem muitas confusões em relação ao significado e utilização dos modelos, há os que realmente reproduzem os dados e seu objetivo fundamental é a previsão, porém há outros modelos que ajudam a experimentar a natureza principal dos fenômenos. “Nesse sentido, os modelos possuem uma dupla função para a compreensão dos fenômenos”. Em relação aos modelos utilizados, deve-se, primeiramente, questionar os discentes quanto à: O que é um modelo? O que o modelo representa? De que maneira? Em que aspectos? Que conceitos são apreendidos a partir desse modelo?

Transição da linguagem diagramática para a linguagem discursiva

De acordo com Labarca, Bejarano e Eichler (2013), as explicações orientam ao que se deve saber sobre o mundo e como se deve refletir para chegar lá, sendo que, um dos requisitos para se construir uma explicação concisa, um conceito eficiente, é a utilização de um modelo dentro de um contexto adequado.

Considera-se, portanto, que as representações através de modelos, utilizadas corretamente para a construção de conhecimento, são estratégias fundamentais para a aprendizagem em química e podem ser utilizadas para desenvolver diversas habilidades, dentre elas o raciocínio lógico. Na química orgânica, por exemplo, os docentes empregam diversos diagramas de moléculas e os alunos frequentemente devem raciocinar sobre as características espaciais de diagramas moleculares. Consequentemente, os estudantes devem desenvolver habilidades para transitar entre a linguagem diagramática e a discursiva, ou seja, do desenho para o conceito, de maneira correta.

Muitas vezes, os professores utilizam materiais concretos, esquemas e desenhos como estratégia didática. Porém, apesar de os livros didáticos e docentes empregarem tais estratégias, muitas vezes os estudantes não entendem corretamente tais explicações. Várias pesquisas apontam diagramas para representar moléculas (Johnstone, 1993), para facilitar o ensino (Wu, Krajick, e Soloway, 2001), ou para explicar o modo em que os diagramas moleculares procuram representar estruturas tridimensionais em duas dimensões (Habraken, 2004; Keig e Rubba, 1993), mas pouco tem publicado sobre como se dá a transição da linguagem diagramática para a discursiva, como essas linguagens interagem entre si, mesmo sendo estratégia fundamental para a resolução de problemas em química (Habraken, 2004). Contudo, o papel exato dessa estratégia continua impreciso.

Em relação às pesquisas feitas com as explicações, Labarca, Bejarano e Eichler (2013) entendem que essa temática confere uma "possibilidade para explorar como os estudantes interpretam as ideias e os modelos científicos e como eles constroem relações entre os diferentes conceitos". Sendo assim, surge a necessidade de entender como os alunos interpretam esses modelos, ou seja, como ocorre a transição da linguagem diagramática para a discursiva e como desenvolver essa habilidade nos discentes. Esta situação tem sido reiteradamente citada na literatura.

Metodologia

O presente estudo procurou avaliar como se estabeleceu a transição da linguagem diagramática para a discursiva em estudantes, após trabalho relacionado às representações, em sala de aula.

Desenvolvemos a pesquisa com cinco turmas de ensino médio (1º, 2º e 3º ano) e de educação de jovens e adultos (2º e 3º ano), num total de 73 alunos, de uma escola estadual, sendo realizado com cada turma separadamente, um trabalho que busca integrar discussões filosóficas ao ensino de química na educação básica. A pesquisa, que teve duas etapas, iniciou com a solicitação da docente aos estudantes, no primeiro dia letivo do ano, de um desenho que representasse um modelo de átomo (pré-teste). Após, distribuíram-se aleatoriamente os desenhos, e cada aluno criou um conceito de átomo, a partir do desenho do colega. Em seguida, cada discente desenvolveu, em outra folha em branco, um conceito de átomo. Distribuíram-se os conceitos entre os alunos casualmente, e, cada estudante fez um desenho do átomo conforme o conceito do colega.

O trabalho foi realizado com três turmas do Ensino Médio e três turmas de EJA (Educação de Jovens e Adultos) do Ensino Médio, sendo um total de setenta e três alunos. Dentro do contexto da diagramaticidade em química, elaboramos quatro categorias que foram utilizadas para a análise dos dados (Kavalek, 2015) (Quadro 1).

Categorías	Referência de análise
Função	Expressão, Representação, Operação, Explicação, Descrição e Heurística.
Características	Simultaneidade, Espacialidade, Hibridismo, Referencialidade, Operatividade, Dependência.
Habilidades visuais	Percepção e orientação espacial, visualização mental, rotação mental.
Dificuldades no ensino	Intercambiar representações, representar tridimensionalmente estruturas, substituição de signos simbólicos por signos pictóricos.

Quadro 1.- Proposta de categorias para a análise das representações diagramáticas e discursivas

Na segunda etapa, realizamos um trabalho com os mesmos estudantes, com representações de átomos e moléculas, em sala de aula, com o seguinte percurso metodológico:

- Explicação detalhada a respeito do significado dos termos “representação” e “modelo”;
- Exposição de várias representações da molécula de água para análise dos diversos modelos utilizados para representar a mesma molécula; Discussão sobre essas representações;
- Solicitação para que cada estudante escolha uma molécula de seu interesse e que faça parte de seu cotidiano; Pesquisa bibliográfica sobre a molécula (onde é encontrada, para que servem, benefícios ou malefícios, curiosidades) e representação da mesma, de três maneiras diferentes, podendo ser: representação gráfica, computacional, oral, escrita e outras;
- Apresentação das representações para a turma e para a comunidade escolar;
- Após as etapas citadas, foi realizado um pós-teste, com a mesma solicitação inicial do desenho e conceituação do átomo. As representações foram analisadas, com base nas categorias propostas anteriormente (Quadro 1).

Resultados e discussões

Diante das categorias expostas é possível fazermos algumas inferências.

Acerca da categoria “Características”, foram observadas:

- Dependência: oito desenhos apontaram o átomo dentro de um contexto: pontos em um animal (como mostra a Figura 2); partes de uma barra de ferro: uma representação expôs átomos numa barra de ferro; átomos formando gotas de água e como parte da molécula de água.



Figura 2.- Representação de átomo realizada por um aluno e conceito desenvolvido por um colega a partir do desenho.

- Espacialidade: das setenta e três representações, vinte e três indicaram o átomo como uma circunferência com várias camadas, indicando partículas nessas camadas e um ponto central, como na Figura 3.

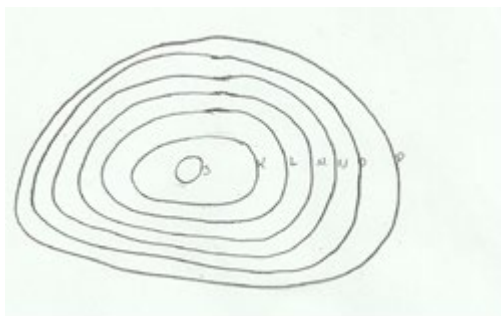


Figura 3.- Representação de átomo.

2- Na categoria "Habilidades visuais", observamos:

Dimensões: dos setenta e três desenhos, sessenta e nove realizaram figuras bidimensionais (como na Figura 4); movimento: dos setenta e três desenhos, cinco apresentaram o átomo como se estivesse em movimento.



Figura 4.- Representação de átomo.

3- Dentro da categoria "Obstáculos no ensino", considerou-se que:

- Dos setenta e três educandos, quatorze representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam tais partículas, como, por exemplo, um olho, um abacaxi, o número dois, uma flor, um disco voador e outros, como mostra a Figura 5.



Figura 5.- Representação de átomo realizada por um aluno e conceito desenvolvido por um colega a partir do desenho: "átomo é um mundo pedindo socorro e triste".

- Bolinhas e pontos: treze alunos expuseram o átomo como "bolinhas" e um aluno indicou o átomo como um ponto.

- Nada: quatro alunos não representaram o átomo.

Já em relação aos conceitos de átomos elaborados a partir dos desenhos, verificou-se que: em cinquenta e um conceitos, os estudantes descreveram o átomo exatamente como observaram no desenho do colega, mesmo não tendo ligação com a definição de átomo. Isso mostra que muitos estudantes apresentam dificuldades em encontrar uma explicação satisfatória para conceituar um átomo, que é uma entidade microscópica. Muitos deles, principalmente no ensino médio, fundamentam-se em um modelo macroscópico para explicar os fenômenos. Devido ao fato de muitos modelos macroscópicos não serem usados de forma apropriada, de acordo com o aceito no ensino escolar de química, estudantes apresentam problemas na aprendizagem dos conceitos. Os professores precisam prestar atenção a esses entendimentos incompletos e confusos.

Já vinte e dois referiram-se a conceitos já estudados, inserindo as palavras: núcleo, elétrons, moléculas, energia, elemento químico, energia e tabela periódica, dentro de um contexto cientificamente correto.

Tais observações realizadas a partir do desenho e conceito de átomo nos levam a verificar, tanto a dificuldade em representar, como em criar um conceito, revelando um obstáculo no ensino: a transição da linguagem diagramática para a discursiva e vice-versa. Se o estudante não tem um conhecimento claro em relação à representação empregada pelo docente, fica difícil conceituar corretamente os conteúdos científicos. Esse fato ocorre diariamente nas escolas, principalmente na química, pois esta é uma ciência

que emprega representações, estando sujeita a falhas na interpretação das teorias e conceitos, pelo mau uso dos modelos, tanto pelos discentes, quanto pelos docentes. Dentro do paradigma atômico-molecular vigente, no qual a natureza da matéria é a fundamentação teórica para interpretar esses fenômenos e processos, admite-se outra dimensão da realidade onde ocorrem fenômenos envolvendo o movimento e a interação de partículas (Giordan e Góis, 2005, p. 286). Existe uma grande dificuldade por parte dos estudantes na compreensão do nível microscópico e na representação do nível simbólico, pelo fato de as mesmas serem invisíveis e abstratas. Desta forma, devido ao fato de o pensamento dos estudantes fundamentar-se em informações sensoriais, estes têm a tendência em permanecer no nível macroscópico em suas explicações sobre os fenômenos e propriedades de substâncias. Giordan e Góis (2005) defendem, diante desse problema, a apropriação de dispositivos de pensamento da química pelos estudantes, através de situações que lhes permitam correlacionar o fenômeno em sua dimensão simbólica com a representação simbólica e microscópica. Essa ideia nos remete a conceber que conhecimento químico deve ser construído pela combinação de três dimensões da realidade: macroscópica, microscópica e simbólica.

Diante disso, após essa fase inicial, foi explicado o significado dos vocábulos: representação e modelo e, em seguida, foi discutido sobre as diversas representações das moléculas. Dessa maneira, ficou mais claro para os estudantes que inúmeras representações podem simbolizar o mesmo conceito. Cada estudante, na sequência, escolheu uma molécula de seu interesse e de seu cotidiano (Figura 6), realizou pesquisa bibliográfica sobre a mesma, e representou-a de, no mínimo três maneiras diferentes. Foi apresentado, primeiramente, para a classe.

Posteriormente, foi realizada uma exposição das moléculas para a comunidade escolar, onde toda escola ficou rodeada pelas representações dos estudantes (figura 7).

Após esse período, realizamos novamente a pesquisa do desenho e conceituação do átomo. Os dados foram analisados, tendo por base as categorias citadas anteriormente (Quadro 1).

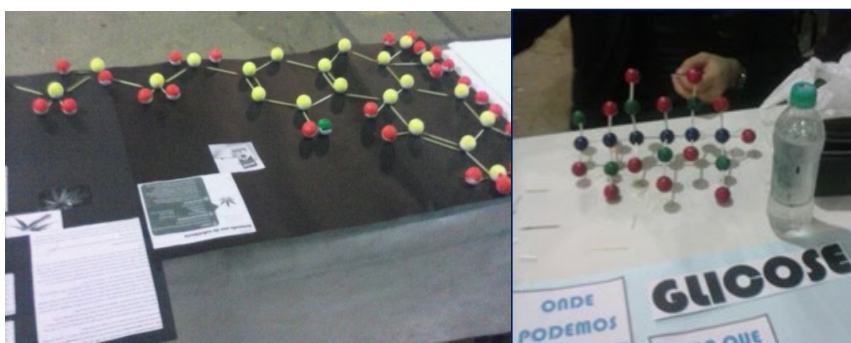


Figura 6.- Representação das moléculas do tetraidrocanabinol e da glicose.



Figura 7.- Exposição das representações de átomos e moléculas realizadas pelos alunos.

1- Características:

Dependência: oito desenhos representaram o átomo dentro de um conjunto, como revela a figura 8, o mesmo número da primeira etapa (pré-teste), porém, nessa etapa a “dependência” foi dentro de um contexto mais científico, como na formação de moléculas. Esse fator mostra que ideias iniciais dos alunos sobre átomos foram ampliadas. O novo saber deve ser elaborado a partir do conhecimento existente, pois, segundo Mortimer (2000), os conceitos se constituem a partir de um sistema de relações existentes entre o conhecimento do mundo, das interações e o conhecimento escolar, numa constante construção e ampliação de aprendizagens.

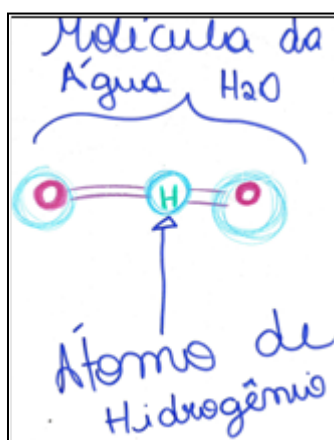


Figura 8.- Representação realizada por um aluno após trabalho sobre a diagramaticidade

Representação de camadas, núcleo e partículas: das setenta e três representações, trinta indicaram o átomo como uma circunferência com várias camadas, indicando partículas nessas camadas e um ponto central. Esse fator indica que os estudantes demonstraram um conhecimento mais maduro, esboçando um modelo de átomo mais aceito pela comunidade científica. Nesse momento, percebe-se a elaboração de um signo mais elaborado (PIERCE, 2012) a partir da adequação aos conceitos que esse signo evoca e também da relação direta com o desenvolvimento cognitivo do aluno.

Habilidades visuais:

Espacialidade: dos setenta e três desenhos, cinquenta produziram figuras bidimensionais, e vinte e três representaram o átomo em três dimensões. Segundo Giordan e Góis (2005), um problema que os estudantes geralmente enfrentam é a realização de tarefas que exigem habilidades de visualização tridimensional, de moléculas que são representadas bidimensionalmente em livros didáticos. Apesar da maioria dos estudantes da pesquisa terem focado no modelo atômico de Rutherford, eles aprimoraram a capacidade de visualização tridimensional do átomo.

Obstáculos no ensino: dos setenta e três educandos, apenas dois representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os átomos (dentro do paradigma atômico-molecular vigente). Porém, uma das representações, constou de uma caixinha, com os dizeres: "vários átomos, água, ar, matéria, tudo". Esse aspecto leva-nos a considerar que o aluno visualiza átomos em tudo, porém desenhou uma caixinha, sendo que o colega que recebeu a representação conceituou átomo como "uma caixinha de surpresas". Realmente, a ciência química não é uma verdade absoluta, mas uma busca, onde surpresas, debates, limitações, superações ocorrem dia após dia. Esse fator nos leva a entender que os estudantes avançaram nas percepções de representação do átomo. E o indivíduo só avança nos entendimentos quando compreende as contradições e busca superá-las para que possa se reestruturar, organizar o conhecimento. Assim, a aprendizagem envolve a reorganização de signos, e, dessa forma, os próprios estudantes visualizam suas representações como incoerentes, insustentáveis, incapazes de prevalecerem aos condicionantes do meio e as reorganizam.

Conceitos a partir de modelos:

Em relação aos conceitos de átomos elaborados a partir dos desenhos, verificou-se que: em apenas seis explicações, os estudantes conceituaram o átomo exatamente como observaram no desenho do colega. Já quarenta e três inseriram corretamente aos conceitos as palavras: núcleo, elétrons, prótons, nêutrons, moléculas, energia, elemento químico, camadas, eletrosfera, cargas elétricas, partícula, orbital, dentro do paradigma atômico-molecular aceito pela ciência na atualidade. Observaram-se, em sete conceitos, as palavras indivisível e invisível. E o entendimento de que os átomos compõem as moléculas surgiu em oito definições. Das setenta e três representações, quinze indicaram o átomo como uma circunferência com várias camadas, indicando "bolinhas" nessas camadas e um ponto central, aproximando-se das representações do livro didático utilizado pelas turmas (Mortimer e Machado, 2013). Vários estudos mostram que a construção de conceitos está estreitamente relacionada ao formato visual com que os estudantes tiveram contato durante seu aprendizado (Clark e Paivio, 1991; Paivio, 1986, apud Giordan e Góis, 2005, p. 289). Os estudantes possuíam uma percepção de átomo inicial, que fazia parte de seu perfil conceitual (Mortimer, 1992), sendo que, após a interação do sujeito às três dimensões da realidade: macroscópica, microscópica e simbólica, tais percepções evoluíram através do desenvolvimento da habilidade de representação dessas dimensões. No início do estudo

percebeu-se que os estudantes pareciam não entender o conceito de átomo. Não entendiam os mesmos como constituintes da matéria, parte das moléculas, participantes de processos dinâmicos e interativos, ou seja, apresentavam um entendimento conceitual limitado.

Em síntese, na primeira etapa da pesquisa com os estudantes, percebemos confusão de modelos, em que, num total de setenta e três desenhos de átomos, dezoito representações não demonstraram entendimento da estrutura atômica, nem dentro de um contexto. Na Tabela 2 apresentamos os resultados.

Indicador	Resultados
Funções/Características/ Habilidades visuais	- Função privilegiada: representação. - Dimensões: dos setenta e três desenhos, sessenta e nove fizeram figuras bidimensionais; - Movimento: dos setenta e três desenhos, cinco apresentam o átomo como se estivesse em movimento; - Dependência: * Em um ser humano: dois desenhos apontaram o átomo dentro de uma figura humana ou de animal; * Numa barra de ferro: uma representação expôs átomos numa barra de ferro; * Em pingos de água: um aluno desenhou átomos formando gotas d'água e outro aluno identificou os átomos nas moléculas de água.
Obstáculos no ensino	Catorze estudantes representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os átomos, por exemplo, um olho, um abacaxi, o número dois, uma flor, um disco voador (figura 4).
Conceitos a partir de modelos	Em cinquenta e um conceitos, os estudantes conceituaram o átomo exatamente como observaram no desenho do colega. Já vinte e dois referiram-se a conceitos já estudados, inserindo aos conceitos as palavras: núcleo, elétrons, moléculas, energia, elemento químico, energia e tabela periódica.

Tabela 2.- Resultados da pesquisa desenho/conceito.

Analisando a tabela anterior, identificamos a grande dificuldade na transição da linguagem diagramática para a discursiva dos alunos, pois verificamos claramente a confusão dos conceitos, pois definiram o átomo a partir do que viram no desenho, sem relação com o conceito correto. Constatou-se que os desenhos e os conceitos desenvolvidos pelos estudantes mostram incoerências. Nesse trabalho objetivamos apenas apontar esse problema da transição entre as duas linguagens como um elemento importante no ensino da química. Uma construção teórica para tal deve ser objeto de trabalhos futuros.

Após o trabalho realizado na segunda etapa, onde os alunos exploraram e transitaram pela linguagem diagramática e discursiva para representar moléculas e átomos, observamos que apenas dois desenhos foram

considerados não condizentes ao contexto da ciência e seis explicações não expuseram o conceito considerado correto (dentro do contexto científico) de átomo. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

A dificuldade na transposição da linguagem diagramática para a discursiva surge quando há “falsas distinções”, ou seja, confundir a obscuridade produzida pelo pensamento com uma característica do objeto que estamos a pensar. As falsas distinções são consideradas piores do que o não entendimento, pois, se o aluno não entender, pode ir à busca do entendimento, mas, se a compreensão for falsa, permanecerá a crença nessa ideia que não é correta, caracterizando-se num obstáculo de aprendizagem. Uma concepção clara, segundo Peirce (2005) deve ser entendida pelo aluno, de tal maneira que a reconheça em outras situações, onde quer que ela se apresente, e que nunca será confundida com outra.

Indicador	Resultados
Funções/Características/ Habilidades visuais	Uma primeira é que a função privilegiada no uso dos diagramas é como expressão e comunicação. A função heurística parece pouco usada. Apenas um aluno representou o átomo sem uma forma definida. - Espacialidade: dos setenta e três desenhos, cinquenta fizeram figuras bidimensionais, e vinte e três representaram o átomo em três dimensões.- Dependência: oito desenhos representaram o átomo dentro de um contexto. Observaram-se, em sete conceitos, as palavras indivisível e invisível. E o entendimento de que os átomos compõem as moléculas surgiu em oito conceitos.
Obstáculos no ensino	Apenas dois representaram o átomo através de desenhos que nada condizem e nem indicaram onde estariam os átomos, como, por exemplo, - Representação de camadas, núcleo e partículas: das setenta e três representações, trinta indicaram o átomo como uma circunferência com várias camadas, indicando partículas nessas camadas e um ponto central.
Conceitos a partir de modelos	Em relação aos conceitos de átomos elaborados a partir dos desenhos, verificou-se que: em apenas seis explicações, os estudantes conceituaram o átomo exatamente como observaram no desenho do colega. Já quarenta e três inseriram corretamente aos conceitos as palavras: núcleo, elétrons, prótons, nêutrons, moléculas, energia, elemento químico, camadas, eletrosfera, cargas elétricas, partícula, orbital.

Tabela 3- Resultado da pesquisa desenho/conceito após trabalho sobre a diagramaticidade.

Muitos professores utilizam modelagem com varetas e bolas de isopor em suas explicações. Em sentido figurado, são os átomos e as ligações entre os átomos. Não podemos ter outra concepção de átomo e ligação senão a que faz parte de uma crença; então, ou: 1) que as bolinhas são os átomos; 2) que as varetas são as ligações. Essas crenças são auto indicações de que,

certa característica de um objeto nos leva a acreditar que é uma ligação ou um átomo, de acordo com a característica que foi apresentada. Por isso, ao estudante de química que for apresentado um átomo como uma bolinha de isopor pode crer que todo átomo possui as características da bolinha de isopor. Podemos confundir o conhecimento que deve ser construído com a mera sensação que o acompanha. O mesmo ocorreu, por exemplo, quando um estudante, ao visualizar a representação de átomo do colega, definiu átomo como "um olho olhando para baixo". Por isso, para muitos alunos, dizer que uma vareta é uma ligação; e uma bolinha é um átomo, são palavras à toa. Deve ser possível a utilização do conhecimento numa situação.

Nesse sentido, todas as explicações em química, inclusive as que se utilizam de modelagens, devem ter um referencial no mundo real, devem ter um sentido para o estudante. Apenas apresentar o átomo, por exemplo, como "uma bolinha de isopor", sem um contexto, pode provocar uma compreensão confusa no estudante. Assim, se a ideia transmitida pelo docente não for tangível e prática, não haverá entendimento claro.

Das categorias observadas: Simultaneidade, Espacialidade, Referencialidade, Operatividade e Dependência, é perceptível que os alunos privilegiam a função comunicativa dos diagramas, não reconhecendo tanto a função de operatividade. As funções simultaneidade, espacialidade e referencialidade os alunos desenvolveram de forma intuitiva e pouco crítica. Chama atenção ao fato da operatividade, talvez a principal função da linguagem diagramática da química como aponta Schummer (2006) ao analisar a Química Orgânica não tenha sido privilegiada pelos alunos. As sínteses químicas são a área de maior produtividade entre as ciências, isso se deve à operatividade das representações diagramáticas de modelos moleculares.

Logo, enquanto na prática química, a operatividade é uma função essencial, no ensino se privilegia sua função comunicativa. Esta talvez deva ser uma tendência também do ensino de geral de Química. Construir uma representação ou diagrama parece ser um fim em si mesmo, não reconhecendo outras funções importantes. Desenvolver a operatividade dos signos, como defende Pombo (2010) a partir de Leibniz, talvez seja uma centralidade no ensino da química. Podemos ver uma evidência no trabalho da importância da operatividade, quando os mesmos construíram os modelos moleculares, isso facilitou construir tanto a linguagem discursiva, quanto à diagramática. Contudo, essa atividade ainda não foi suficiente para garantir a operatividade dos diagramas.

Para nós, esta parece ser uma das principais afirmações da pesquisa realizada: a falta do trabalho com a operatividade dos signos pode dificultar a transição entre a linguagem diagramática e discursiva.

Conclusões

Apesar de a ciência ser construída em uma linguagem específica, como a matemática, no caso da física, ou como a diagramática, no caso da química, o ensino é majoritariamente feito na linguagem natural, precisa ser traduzida ao conceito, ao discurso. As ideias expostas na aula de química, seja utilizando signos, seja transmitindo oralmente um conceito, nem

sempre são compreendidas pelo discente, ou seja, a transposição entre linguagens pode não ser eficiente, pois cada estudante possui uma estrutura cognitiva que o faz entender o conhecimento científico e estruturar suas ideias. Há muitos casos em que o docente não é claro o suficiente em suas explicações. Essa clareza no pensamento deve ser atingida. O docente deve ter uma ideia clara do que vai ensinar, deve levar a turma ao questionamento, à problematização, e ao emprego da situação de aprendizagem numa situação real. Nessa perspectiva de explicação, o aluno terá condições de construir conceitos de forma clara.

Na segunda etapa, através da reflexão acerca do significado da representação e da modelagem, os alunos exploraram e transitaram pela linguagem diagramática e discursiva, com experiências no nível macroscópico, microscópico e simbólico, para representar as moléculas e átomos. Observou-se que os desenhos e conceitos dos alunos evoluíram, pois apenas dois desenhos e seis explicações não expuseram o conceito correto de átomo, ou seja, foram considerados fora do modelo de partículas atualmente aceito pela ciência. No percurso da pesquisa, a habilidade visual dos discentes foi desenvolvida, a competência representacional foi favorecida, contribuindo para o aperfeiçoamento da transição da linguagem diagramática para a discursiva. Para entender o conceito que é transmitido através do modelo utilizado nas explicações do docente, o mesmo não pode apenas ser "exposto na lousa", pois pode causar confusão no entendimento por parte dos estudantes. Deve transitar pelas linguagens, tendo oportunidade de construir uma aprendizagem realmente significativa através da modelagem empregada.

Sugere-se que, ao utilizar diagramas, o docente o situe num contexto, numa situação real, transite entre as linguagens diagramática e discursiva, para a apreensão do conceito com clareza pelo estudante. Demonstrar outras representações da molécula e caracterizá-la, exemplificando sua utilização no dia a dia, sua importância, suas propriedades, contribuirá para um entendimento claro por parte do estudante, evitando imprecisões e equívocos.

Utilizar-se da filosofia da diagramaticidade, permitiu a compreensão das representações em seus contextos de estudo, através de diferentes linguagens: modelos concretos, apresentação oral, escrita, virtual, compondo um cenário rico, apresentando com clareza peculiaridades das estruturas representadas. Construiu-se, com a classe de alunos, um conhecimento químico que não seria possível, ou seria mais difícil, utilizando apenas palavras e imagens estáticas.

Ainda que o pensamento químico seja caracterizado por uma diagramaticidade, a linguagem discursiva é necessária em todos os momentos da produção e comunicação do conhecimento químico. É preciso um estudo mais amplo a respeito da interconexão entre as duas linguagens, especialmente no que se refere à operatividade dos signos. Sugere-se que esta competência pode e deve ser um indicativo de boa aprendizagem e prática química.

Referências bibliográficas

- Abbagnano, N. Dicionário de Filosofia. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- Araujo-Neto, W. N. (2012). Estudos sobre a Noção de Representação Estrutural na Educação em Química a Partir da Semiótica e da Filosofia da Química. *Rev. Virtual Quim.* 4(6), 719-738.
- Bachelard, G. (2009). O pluralismo coerente da química moderna. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Chamizo, J. A. (2012). Techno chemistry. One of the chemists 'ways of knowing. *Foundations of Chemistry*, 15(2), 157-170.
- Early, J. E. (2010). Three concepts of chemical closure and their epistemological significance. Disponível em:
<http://philsci-archive.pitt.edu/5565/>. Acesso em: 20/08/2018.
- Gavroglu, K. & Simões, A. (2012). From Physical Chemistry to Quantum Chemistry: How Chemists Dealt with Mathematics. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 18, n. 1, pp.45-68.
- Giordan, M.; GÓIS, J. (2005) Telemática educacional e ensino de química: considerações em torno do desenvolvimento de um construtor de objetos moleculares. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, Badajoz, v. 3, n. 2, p. 41-59.
- Habraken, C. L. (2004). Integrating into chemistry teaching today's student's visuospatial talents and skills, and the teaching of today's chemistry's graphical language. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 89-94.
- Harré, R., e Llored, J. (2011). *Mereologies as the grammars of chemical discourses*. *Foundations of Chemistry*, 13, 63-76.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: a changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Justi, R. (2010). Modelos e Modelagem no Ensino de Química. Em W. L. P. Santos e O. A. Maldaner (Orgs.), *Ensino de Química em foco*. Ijuí: Ed. Unijuí.
- Kavalek, Débora S. et al.(2013). A integração da filosofia da química à educação em química. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC*. Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de Novembro.
- Keig, P. F., e Rubba, P. A. (1993). 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*, 30, 883-903.
- Labarca, M., Bejarano, N., e Eichler, M. (2013). Química e Filosofia: rumo a uma frutífera colaboração. *Quim. Nova*, 36(8).
- Labarca, M., e Lombardi, O. (2010). Why Orbitals Do Not Exist? *Foundations of Chemistry*, 12(2), 149-157.

Lombardi, O., e Llored, J. (2012). Múltiples way pluralism in chemistry. *ISPC, International Society for the Philosophy of Chemistry* - Summer symposium. Leuven, Bélgica, 2012.

Mora, J. F. (1978). *Dicionário de Filosofia*. Lisboa: Publicações Dom Quixote.

Mortimer, E. F. (1992). Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico. *Química Nova*, 15(3), 242-249.

Mortimer, E. F., e El-Hani, C. N. (2014). *Conceptual profiles: A theory of teaching and learning scientific concepts*. Dordrecht: Springer.

Mortimer, E. F., e Machado, A. H. (2013). *Química*. São Paulo: Scipione.

Peirce, C. S. (2005). *Semiótica*. Tradução: José Teixeira Coelho Neto. São Paulo: Perspectiva.

Pombo, O. (2010). Operativity and representativity of the sign in Leibniz. Em O. Pombo e A. Gerner (Orgs), *Studies in diagrammatology and diagram praxis. Studies in logic, logic and cognitive systems*. Milton Keynes: College publications.

Restrepo, G., e Villaveces, J. (2012). Chemistry, a Lingua Philosophical. *Foundations of Chemistry*, 13(3), 233-249.

Ribeiro, M. A. P. (2014). *Integração da Filosofia da química no currículo de formação inicial de professores. Contributos para uma filosofia no ensino* (Tese doutoramento). Universidade de Lisboa, Lisboa.

Ribeiro, M. A. P. & Costa Pereira, D. (2012). Constitutive Pluralism of Chemistry: thought planning, curriculum, epistemological and didactic orientations. *Science & Education*, online, first, 7 January.

Saviani, D. (1994). *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. 4ª Ed. São Paulo: Autores Associados.

Scerri, E. (2007). *The Periodic Table: Its Story and Its Significance*. New York: Oxford University Press,

Schummer, J. (2006). The philosophy of Chemistry: From infancy towards maturity. Em D. Baird, E. Scerri e L. Macintyre (Eds.), *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a new Discipline* (pp. 19-39). Dordrecht: Springer,

Talanquer, V. (2012). School Chemistry: The Need for Transgression. *Science e Education*, 22(7), 1757-1773.

Wu, K., Krajcik, J. S., e Soloway, E. (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-840.