

Dificuldades de licenciandos em Química quanto aos aspectos fenomenológico, submicroscópico e simbólico

Márcia Brandão Rodrigues Aguilár¹(PG), Maria Eunice Ribeiro Marcondes^{1,2}(PQ)

marciaaguilar@usp.br; mermarco@iq.usp.br

¹ Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.

² Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química, Universidade de São Paulo.

Palavras-Chave: representação do conhecimento químico, licenciandos em química, linguagem química.

RESUMO:

Neste trabalho foi empregado o modelo dos três níveis de representação do conhecimento químico propostos por Alex Johnstone (1982). O objetivo da pesquisa foi identificar as dificuldades apresentadas por graduandos em Química para a representação dos níveis do pensamento químico, de forma a problematizá-las e buscar alternativas para suprimi-las. A investigação empírica teve como participantes 28 alunos do nível superior em Química, majoritariamente no primeiro ano, de uma universidade pública paulista. As informações foram coletadas através de atividade com a apresentação de duas imagens e a solicitação para descrever, em cada uma delas, os três níveis do pensamento químico: fenomenológico, submicroscópico e representacional. Os resultados apontam dificuldades em se mover entre os níveis de representação do conhecimento químico, além das condições de confusão ou mesmo a falta de reconhecimento dos níveis de representação química. Ressalta-se a necessidade do docente ter uma clara compreensão sobre as distintas representações do conhecimento químico para ensiná-las.

INTRODUÇÃO

Dentre os objetivos gerais para o ensino de Ciências está a apropriação, por parte dos estudantes, de *“uma das vertentes de pensamento do acervo cultural da humanidade”*, caracterizada pela construção sócio-histórica do saber técnico-científico (AGUILAR, REZENDE, 2015, p.2). Especificamente para o ensino de Química, um de seus objetivos é promover nos estudantes a habilidade de interpretação dos fenômenos químicos, tanto pelo arranjo dos átomos e moléculas, quanto pela sua movimentação (SANTOS, GRECA, 2005).

Contudo, dentre os problemas existentes no ensino e aprendizagem desta Ciência, é possível identificar a limitação dos estudantes para se expressarem adequadamente na linguagem própria à Química. A compreensão de um fenômeno pode envolver diversas explicações, utilizando ou não a forma de pensamento e a linguagem científica.

Para a delimitação dos possíveis níveis de pensamento e de representação do conhecimento químico, um marco importante foi o artigo *“Macro and micro-chemistry”* escrito por Alex Johnstone (1982). Este modelo pressupõe o discernimento de três diferentes dimensões do conhecimento químico: macro, sub-micro e representacional. O mesmo autor retoma, em 2006, o modelo de aprendizagem em múltiplos níveis nos processos educacionais para a Química (Figura 1).

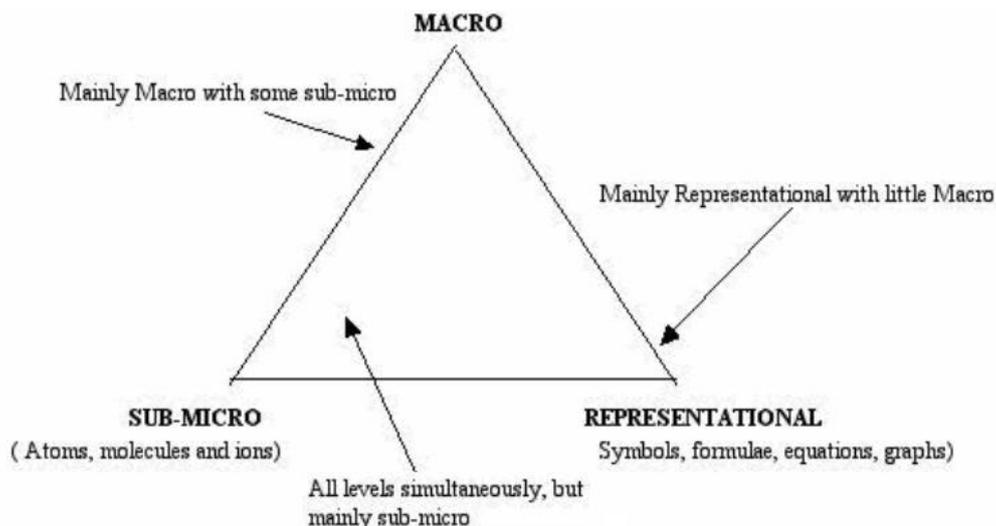


Figura 1: Os três níveis conceituais da Química (JOHNSTONE, 2006)

De acordo com a Figura 1, o ensino segundo uma vertente puramente macro estaria localizado apenas no vértice superior. Contudo, ao realizar um experimento e interpretá-lo através de uma equação química, a abordagem se deslocaria para algum local entre o macro e o representacional. Em muitos conteúdos, existe uma mistura simultânea das três abordagens, representada por um ponto no interior do triângulo, cuja localização é determinada pela proporção relativa dos três níveis (JOHNSTONE, 2006).

A alternância para a compreensão da Química nas vertentes puramente macro, submicro ou representacional (vértices do triângulo) e a mescla de tais vertentes (área interna do triângulo) seria feita, com suposta facilidade, por professores de Química. A questão que se coloca é se os estudantes do Ensino Médio, ou mesmo do nível superior, podem nos seguir nas situações de ensino planejadas para entrarmos dentro do triângulo sem que se percam em erros conceituais ou em explicações teóricas desconexas do fenômeno.

No contexto brasileiro, os níveis de representação de Johnstone assumiram novas perspectivas e nomenclatura. Assim, ao referir-se ao nível macro, é possível encontrá-lo nomeado como macroscópico, empírico ou fenomenológico; o sub-micro também é chamado de submicroscópico, microscópico, teórico ou nível de modelos; já o representacional, também é encontrado como nível de linguagem ou simbólico (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000).

São relatadas na literatura outras possíveis maneiras para a elaboração de modelos explicativos que representem o conhecimento químico, tais como a semiótica de Charles Peirce (WARTHA; REZENDE, 2011) ou os modelos mentais de Johnson-Laird (GIBIN, FERREIRA, 2010). Assim, apesar do modelo proposto pelo trabalho seminal de Johnstone e suas derivações não ser o único a explicitar as representações no ensino de Química, o mesmo estabeleceu-se na área como uma maneira eficiente de representar as dimensões do conhecimento desta Ciência.

Contudo, dentre as críticas atribuídas a este modelo, está a ausência de aspectos culturais ou sociológicos, que articulem os três níveis de representação

química com o planejamento de ações em um grupo, que levem à tomada de decisões (GIORDAN, 2008).

É possível encontrar, ainda em estágios iniciais do ensino de Química, os aspectos atômico e molecular da matéria, bem como a introdução de íons e ligações. Além da sobrecarga de conteúdos no início da aprendizagem química, os alunos são confrontados com a apresentação simultânea de elementos e substâncias, suas nomenclaturas e descrições envolvendo o modelo atômico-molecular, além das respectivas representações por símbolos e fórmulas.

O problema da apresentação simultânea dos diferentes níveis de representação é o excesso de informações com as quais os alunos se deparam, o que acarreta em dificuldade para articulá-las, dado que nem sempre os professores explicitam os instantes de alternância entre os níveis, de forma que os alunos pudessem inter-relacioná-los. Nesse sentido, a articulação dos eventos do cotidiano com o conhecimento científico-escolar pode facilitar a compreensão, por parte dos estudantes, da relação entre a natureza empírica das Ciências Naturais e seus modelos explicativos (AGUILAR; REZENDE, 2015).

A investigação sobre os processos de aprendizagem de futuros professores tem implicações no ensino de Ciências, dado que os estudantes vêm para as aulas com conhecimentos prévios, que afetam e interagem com a compreensão e construção do novo conhecimento. De fato, a literatura aponta para a dificuldade que os estudantes possuem para estabelecer relações adequadas do nível macro para os níveis sub-micro e representacional (POZO, 2001; WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001; KOZMA; RUSSEL, 1997).

Assim, o objetivo da pesquisa relatada neste artigo foi identificar as dificuldades apresentadas por graduandos em Química para a representação dos níveis do pensamento químico, de forma a problematizá-las e buscar alternativas para suprimi-las. É importante que um professor saiba mover-se de um nível a outro, para que possa observar em seus alunos a frequência com que ocorre a mobilidade entre os níveis explicativos do pensamento químico.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A investigação empírica teve como participantes 28 alunos, majoritariamente do primeiro ano, do nível superior em Química de uma universidade pública paulista. As informações foram coletadas no segundo semestre de 2015, através da seguinte atividade realizada em sala de aula, com os alunos organizados em duplas de trabalho: *“Considere as imagens a seguir (Figura 2). Para cada uma delas, apresente uma descrição para os três níveis do pensamento químico: fenomenológico, submicroscópico e representacional/ simbólico”*.

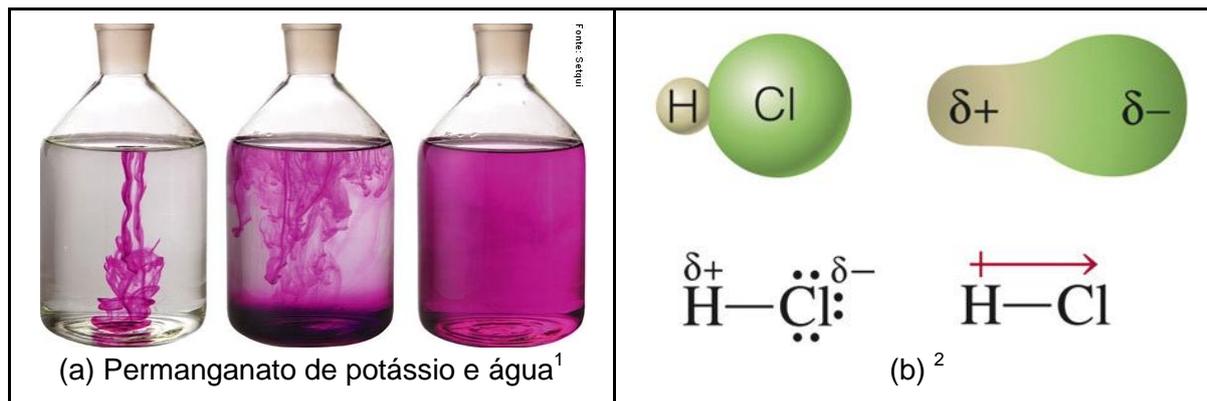


Figura 2: Ilustrações apresentadas aos alunos para expressarem os três níveis do pensamento químico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Análise para o permanganato de potássio e a água

As respostas das duplas de alunos, sistematizadas para os três níveis de representação do conhecimento químico para a Figura 2(a) são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Apresentação dos níveis fenomenológico, submicroscópico e simbólico, representados pelas duplas de alunos, para a solução aquosa de permanganato de potássio

| Dupla | Níveis do pensamento químico | | |
|-------|--|--|--|
| | Fenomenológico | Submicroscópico | Simbólico |
| 1 | uma substância rosa se misturando com outra incolor. | íons de permanganato e potássio se difundindo entre moléculas de água. | $\text{KMnO}_4(\text{s}) \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq})$ |
| 2 | a dispersão do permanganato em água que é facilmente notável pela sua cor. | efeito de solvatação e dispersão de água dos íons de potássio e permanganato. | $\text{KMnO}_4(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{K}^+(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq})$ |
| 3 | na garrafa havia água incolor e transparente e foi adicionado permanganato de K e, aos poucos, a solução foi se tornando rosa. | a carga parcial negativa da água interage com o K^+ e a positiva interage com o MnO_4^- . Essas interações são mais fortes do que as dos íons entre si. dissociando-os e solubilizando-os. | $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$ |

¹ Imagem retirada de:

<<http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1597&evento=4>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

² Imagem retirada de: <<http://blogdoenem.com.br/ligacoes-quimicas-enem/>>. Acesso em: 30 nov. 2015.

| | | | |
|---|--|--|---|
| 4 | podemos descrever a reação como a água ficando rosa depois da adição de permanganato de potássio. | o permanganato se dissocia, colorindo todo o vidro de água. | $\text{KMnO}_4 \rightleftharpoons \text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$ |
| 5 | mudança da coloração do meio (água) pela dissolução do KMnO_4 . | o momento de dipolo da água separa os íons K^+ e MnO_4^- por interações eletrostáticas, rompendo a rede cristalina do composto. | $\text{KMnO}_{4(\text{aq})} \rightarrow \text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{MnO}_{4(\text{aq})}^-$ |
| 6 | dissolução do permanganato de potássio em água; coloração se homogeneiza. | dissolução e difusão de partículas (íons) em toda a solução. | $\text{KMnO}_{4(\text{s})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{MnO}_{4(\text{aq})}^-$ |
| 7 | está representada a diluição do permanganato de potássio em água. É possível observar o espalhamento da cor rosa característica do permanganato. Antes da homogeneização da solução, a cor rosa desta parte de baixo é mais escura e na parte superior a cor é mais clara. | está ocorrendo a dissociação dos íons permanganato e potássio, devido a água, que se auto-ioniza. Quanto à cor observada, quando é incidida luz sobre o íon permanganato, ele absorve todas as frequências, menos a que está relacionada à cor violeta. Sobre o "enfraquecimento da cor" podemos citar a absorbância, que se relaciona à concentração de soluto. | podemos citar os nomes das substâncias envolvidas na diluição e também seus símbolos, como: KMnO_4 (permanganato de potássio) e H_2O (água). |
| 8 | formação de uma solução rosa e homogênea de permanganato de potássio e água. | dissociação do sal através de interações intermoleculares entre o sal e a água. | $\text{KMnO}_{4(\text{s})} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{MnO}_{4(\text{aq})}^-$ |
| 9 | observa-se mudança de cor no processo, difusão da cor e homogeneização da solução no final. | as moléculas de água solvatam o íon permanganato e os íons potássio se acoplam por atração, dissociando o complexo e os íons passam a se mover de forma randômica, homogeneizando a solução com a cor correspondente. | $\text{KMnO}_{4(\text{s})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{MnO}_{4(\text{aq})}^- + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 10 | o permanganato é um pó roxo, solúvel em água, com capacidade de homogeneização que ao final forma uma mistura rosa, líquida e homogênea. | dissociação devido à quebra e formação de ligações entre as moléculas. | K^+ e MnO_4^- interagindo com o H^+ e OH^- formando KOH , MnO_2 e H_2O |
| 11 | dissolução de permanganato de potássio em água e mudança de cor da solução para rosa. | dissociação do sal na água e hidratação dos íons. Enxergamos a solução de permanganato de potássio como rosa, pois esta absorve comprimentos de onda da sua cor complementar. | |
| 12 | há mudança de cor da água. | o sal se dissocia devido à solvatação pela água | $KMnO_4 (s) \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + MnO_4^-_{(aq)}$ |
| 13 | dispersão do permanganato pela mudança de cor. | | $KMnO_4 (s) \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + MnO_4^-_{(aq)}$ |
| 14 | era incolor e ficou rosa com a adição de sal. | ocorre espalhamento de cátions e ânions solvatados pela água, até a completa homogeneização. | $KMnO_4 (s) + H_2O (l) \rightarrow K^+_{(aq)} + MnO_4^-_{(aq)} + H_2O (l)$ |

No nível fenomenológico, todos os grupos citaram a mudança de coloração da solução. Contudo, os termos para se referir a esta propriedade organoléptica variaram: “coloração se homogeniza” (D6)³, “espalhamento da cor” (D7) e “difusão da cor” (D9). Das 14 duplas, quatro mantiveram-se no vértice do estritamente fenomenológico (macro), limitando-se à descrição da figura (D1, D9, D12 e D14). As demais duplas transitaram pelas bordas do triângulo, seja pela citação do nome ou da fórmula do composto, seja pela explicação do fenômeno com terminologias da linguagem química, nem sempre adequadas. Tal dado reflete a leitura desses alunos sobre o fenômeno observado já com as lentes químicas, o que não surpreende, visto cursarem o nível superior nessa área. No entanto, a explicação fornecida por alguns alunos denota a pouca segurança na definição dos conceitos: três duplas referiram-se à dissolução do

³ D6 representa a dupla número 6. Tal designação será adotada para se referir a uma dupla em específico.

permanganato (D5, D6 e D11); no entanto, também houve menção à sua dispersão (D2 e D13), diluição (D7) e reação (D4).

Tais explicações sobre o fenômeno surgiram com maior ênfase no nível submicroscópico, onde metade dos alunos utilizaram a ideia de dissociação iônica (D3, D4, D7, D8, D9, D10 e D11) e de solvatação (D2, D3, D9, D12, D13 e D14), com outros conceitos que também compareceram nas explicações: hidratação (D11), difusão (D1), dispersão (D2), solubilização (D3) e espalhamento (D14). Contudo, é interessante observar que, enquanto na dissociação, as duplas procuraram explicar o processo (apenas D4 citou o termo sem justificá-lo), na solvatação, a grande parte apenas usou o termo (apenas D3 buscou explicar este processo).

As intersecções com outros níveis do conhecimento químico também se mostraram presentes na área destinada à explicação do sub-micro. Houve menção à coloração rosa (D4, D7, D9 e D11), com algumas explicações teóricas para este fenômeno observável, como absorvância e comprimento de onda. Tais respostas situam-se no vértice entre sub-micro e fenomenológico. Também houve intervenções situadas entre sub-micro e simbólico, com a utilização de fórmulas químicas (D3, D5, D13). Tais resultados expressam a busca de alguns estudantes pela articulação entre os três níveis de compreensão do pensamento químico, o que indica revela indícios de que já estão caminhando para dentro do triângulo, embora pareça que não houve entendimento do papel da absorção da luz na percepção da cor (D11).

A mediação da linguagem foi essencial para as explicações ocorridas neste nível. A pluralidade de expressões características do vocabulário químico materializou-se no emprego de uma diversidade de termos: íons (D1, D2, D3, D6, D7, D9 e D11), moléculas (D1, D10), cátions (D14), ânions (D14), partículas (D6), composto (D5), complexo (D9), solução (D6), soluto (D7), concentração (D7), homogeneizar (D9, D14), ligações (D10), carga parcial (D3), momento de dipolo (D5), interações eletrostáticas (D5), interações intermoleculares (D8), rede cristalina (D5), auto-ionização (D7), absorvância (D7) e comprimento de onda (D11). Apesar da diversidade no uso dessas terminologias criadas para propor e explicar modelos, em alguns casos pontuais foi observada a reduzida compreensão conceitual no uso destes termos, tais como: “dispersão de água dos íons” (D2), “sobre o ‘enfraquecimento da cor’, podemos citar a absorvância que se relaciona à concentração de soluto” (D7) e “os íons potássio se acoplam por atração” (D9).

Na análise do nível representacional, a prevalência foi do emprego de equações químicas, com 11 duplas utilizando-se deste recurso. Destas, três não representaram a presença de água (D1, D4 e D5) e uma indicou o processo como um equilíbrio químico (D4). Duas duplas elaboraram um texto com os nomes e fórmulas dos elementos (D7 e D10), tendo esta última incorrido em erros conceituais, expressando a formação dos produtos KOH e MnO₂.

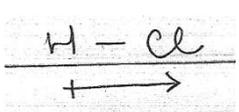
O fenômeno de solvatação também foi expresso no nível representacional, através de figuras (D3 e D11). Contudo, no desenho do íon permanganato cercado por moléculas de água, a orientação destas foi expressa de forma invertida com relação ao modelo explicativo construído e adotado pela Ciência.

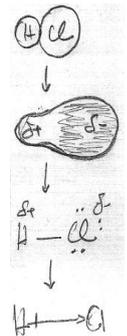
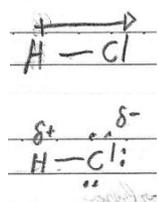
Assim, observa-se que, tal como apontado por Ben-Zvi e colaboradores (1987), os níveis sub-micro e simbólico são especialmente difíceis para os estudantes, visto que contemplam o invisível e o abstrato.

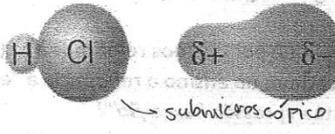
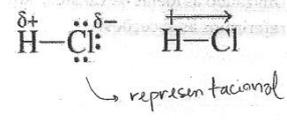
b) Análise para a representação molecular de HCl

As respostas das duplas de alunos, sistematizadas para os três níveis de representação do conhecimento químico para a Figura 2(b) são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2: Apresentação dos níveis fenomenológico, submicroscópico e simbólico, representados pelas duplas de alunos, para a representação molecular de HCl

| Dupla | Níveis do pensamento químico | | |
|-------|--|---|--|
| | Fenomenológico | Submicroscópico | Simbólico |
| 1 | gás irritante, solúvel em água, incolor. | um átomo de hidrogênio ligado a um de cloro. | HCl |
| 2 | gás volátil, corrosivo, nocivo e irritante. Não inflamável e desprende outro gás em contato com outros metais específicos, como o zinco. | diferença de eletronegatividade propicia a dispersão da carga a formação de cargas parciais (momento de dipolo). | já está na imagem. |
| 3 | o HCl é um gás na CNTP. | é uma molécula polar devido à eletronegatividade do cloro. | HCl ou ácido clorídrico |
| 4 | miscível em água. | o cloro é eletronegativo, tornando a molécula polar, o que pode ser visto na imagem pela deformação da nuvem eletrônica. |  |
| 5 | verificação da quebra da ligação através da verificação da diminuição do pH da água ao se borbulhar o gás HCl na mesma. A seguir se precipitaria o Cl ⁻ com Ag ⁺ para se verificar a formação de um sólido branco. | a polaridade da ligação HCl através da diferença de eletronegatividade permite que água, através do momento de dipolo inerente a ela, separe a ligação liberando íons H ⁺ e Cl ⁻ . Ao se pingar íons Ag ⁺ no meio há formação do sólido AgCl, muito insolúvel. | $\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{H}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ (solubilização) $\text{Ag}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)} \rightarrow \text{AgCl}_{(s)}$ (precipitação de AgCl) |

| | | | |
|-----------|---|---|--|
| <p>6</p> | <p>para a substância, no conjunto das moléculas temos o odor, a solubilidade em água e a neutralização com solução básica.</p> | <p>deslocamento da nuvem eletrônica, dado a eletronegatividade da ligação química.</p> |  |
| <p>7</p> | <p>uma substância de HCl seria influenciada pela eletronegatividade em seu ponto de fusão e ebulição e também relaciona-se à sua diluição (polar dilui polar / apolar dilui apolar) e determina a força da ligação entre os átomos.</p> | <p>podemos citar as diferenças entre as cargas dos átomos.</p> | <p>podemos citar os desenhos dos átomos e de suas nuvens eletrônicas, as cargas parciais positivas e negativas indicadas em cada átomo, na representação H - Cl, o traço representa o compartilhamento de elétrons e os pares solitários da molécula; na representação H - Cl (com seta do H para o Cl), a seta indica aonde estão concentrados os elétrons na molécula.</p> |
| <p>8</p> | <p>formação de um dipolo na molécula</p> | <p>através da diferença de eletronegatividade entre os átomos o dipolo é formado</p> |  |
| <p>9</p> | <p>só seria possível representar o fenômeno com uma quantidade significativa de moléculas e uma parede carregada eletricamente, para observar a orientação dos dipolos e visualizar o acúmulo de moléculas na parede.</p> | <p>a diferença de átomos causa diferenças na nuvem eletrônica, distorcendo a mesma.</p> | <p>a própria imagem é a representação simbólica.</p> |
| <p>10</p> | <p>líquido incolor e inodoro ou gás amarelado;</p> | <p>molécula polar devido à alta eletronegatividade do</p> | <p>sobreposição dos orbitais s do H e p do Cl, formando</p> |

| | | | |
|----|---|--|--|
| | corrosivo. | Cl ⁻ que se explica devido aos elétrons não ligantes da camada de valência. | a ligação hibridizada sp. O Cl, por ser mais eletronegativo, atrai mais elétrons, formando uma nuvem eletrônica maior ao redor do seu núcleo, o que caracteriza a ligação polar. |
| 11 | ligação covalente. | por conta de sua alta eletronegatividade o cloro se liga ao hidrogênio formando ligações de natureza eletrostáticas. | já representado no desenho. |
| 12 | é possível observar a formação do HCl devido à mudança de cheiro entre os gases precursores para o produto. | é possível descrever a formação do ácido clorídrico através de interações eletrostáticas atrativas e diminuição de energia potencial do sistema. | $\frac{1}{2} \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HCl}(\text{g})$ |
| 13 | eletrólise do HCl irá liberar cloro gasoso (gás esverdeado) e gás hidrogênio (gás combustível). |  |  |
| 14 | não há nível macroscópico para uma molécula. | todo o desenho representa o microscópico. | todo o desenho é a representação da molécula. |

No nível fenomenológico, cinco duplas (D1, D2, D3, D4 e D10) apresentaram propriedades da substância HCl, tais como ser um gás, solúvel em água, corrosivo, nocivo, com odor irritante. Contudo, incorreram no erro de que tais propriedades macroscópicas são relativas à substância, o que não corresponde ao que foi apresentado na Figura 1(b). Quatro duplas atentaram-se para o fato de que as propriedades são das substâncias, um conjunto de moléculas em interação (D6, D7, D9 e D14). Quatro duplas propuseram uma forma de verificar empiricamente a formação ou a presença de HCl (D5, D9, D11 e D13). Contudo, três duplas (D8, D9 e D11) não compreenderam o significado do nível fenomenológico, pois apresentaram respostas totalmente situadas no nível submicroscópico.

Já no nível submicroscópico, a linguagem química foi explorada em profusão. Contudo, problematizamos aqui a concepção sobre eletronegatividade apresentada por algumas duplas (D3, D4, D10 e D11), que relacionam a polaridade da molécula devido exclusivamente à eletronegatividade do cloro e não à sua diferença entre os dois elementos. Outra observação refere-se à falta de correlação entre as respostas

apresentadas nos níveis fenomenológico e submicroscópico. Neste nível de explicação do conhecimento químico, esperava-se justificativas científico-teóricas que respondessem às questões: Por que o HCl é um gás na CNTP? Por que é irritante aos olhos e mucosa? Por que é corrosivo?

Pode-se notar que há lacunas na formação prévia desses graduandos em Química relativas ao conhecimento químico. As principais dificuldades apreendidas foram: representação inadequada do nível sub-micro e estabelecimento de relação incorreta entre uma representação sub-micro e um conceito químico.

A abordagem de ensino praticada nas instituições de Ensino Superior muitas vezes não é favorece a criação de momentos nos quais os professores em formação inicial possam estabelecer o intercâmbio entre os níveis de representação do conhecimento químico. Nesse sentido, Gibin e Ferreira (2010) apontam para as dificuldades conceituais de estudantes de Química que, após passarem pela graduação, ainda apresentaram problemas conceituais e de representação do conhecimento químico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise das principais dificuldades apresentadas pelos alunos para se mover entre os níveis de representação do conhecimento químico propostos por Johnstone (1982), esperamos contribuir para o ensino/aprendizado dos alunos, sinalizando a necessidade de se repensar as metodologias empregadas no Ensino Superior.

Para além das deficiências relatadas na literatura e encontradas neste trabalho, faz-se necessário buscar formas de superá-las, através de interações que contemplem o fenômeno, a linguagem e a teoria, dado que a relação dialética entre teoria e prática, mediada pela linguagem, é condição necessária para o conhecimento ser produzido (MORTIMER, MACHADO, ROMANELLI, 2000).

Assim, espera-se que as mesmas sejam superadas durante a formação universitária, de forma a formarem-se profissionais aptos tanto ao intercâmbio adequado entre as várias representações da Química, como a liderar seus futuros alunos nesta jornada. se mover entre os níveis de representação do conhecimento químico

A clara compreensão das convenções e estilos das representações moleculares é necessária para possibilitar o seu ensino. Contudo, as condições de confusão ou mesmo a falta de reconhecimento dos níveis de representação química explicitam a complexidade do aprendizado desta disciplina. Talvez a maior articulação entre esses três mundos da Química fosse potencializada aos estudantes se inicialmente houvesse ênfase explícita na diferenciação dos mesmos.

AGRADECIMENTOS

MBRA agradece à Capes pela bolsa de doutorado concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, M. B. R.; REZENDE, D. B. A escolarização afeta a Representação Social de estudantes do Ensino Médio sobre Ciência? **Anais**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Águas de Lindóia, SP. nov. 2015 p.1-8. Disponível em: <<http://www.xenpec.com.br/anais2015/trabalhos.htm>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

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

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. A formação inicial em química baseada em conceitos representados por meio de modelos mentais. **Química Nova**, v.33, n.8, p.1809-1814, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000800033&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 out. 2015.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**. Ijuí: Editora Unijuí, 2008.

JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. **School Science Review**, 64, p.377-379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, v.7, n.2, p.49-63, 2006. Disponível em: <http://www.rsc.org/images/AHJ%20overview%20final_tcm18-52107.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2015.

KOZMA, R. B.; RUSSELL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, 34, 9, p.949-968, 1997.

MORTIMER, E. F., MACHADO, A. H., ROMANELLI, L. A Proposta Curricular da Química no Estado de Minas Gerais: Fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v.23, n.2, p.273-283, 2000.

POZO, R. M. Prospective teacher's ideas about the relationships between concepts describing the composition of matter. **International Journal of Science Education**, v.23, n.4, p.353-371, 2001.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. Promovendo a aprendizagem de conceitos científicos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.4, n.1, 2005. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec>>. Acesso em: 13 nov. 2015.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.16, n.2, p.275-290, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID264/v16_n2_a2011.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.

WU, K.-K.; 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. Disponível em: <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/34515/1033_ftp.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2016.