

# **Análise de modelos de estudantes de Ensino Médio sobre mudanças de estados físicos da matéria no domínio submicroscópico do conhecimento químico.**

**Tânia Cristina Vargas Sana<sup>1</sup> (PG), Agnaldo Arroio<sup>1,2</sup> (PQ), Daisy de Brito Rezende<sup>1,3</sup> (PQ).**

<sup>1</sup>Programa Interunidades de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo

<sup>2</sup>Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo

<sup>3</sup>Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química, Universidade de São Paulo

*Palavras-Chave: Modelo, submicroscópico, Química.*

**Resumo:** Este artigo apresenta uma investigação sobre a percepção de estudantes do Ensino Médio quanto à representação submicroscópica de processos de mudança de estado físico da matéria. A pesquisa foi realizada em uma escola particular da cidade de São Paulo, sendo desenvolvida em duas etapas, a primeira das quais foi uma aula experimental, realizada em grupo, sobre ponto de fusão e ebulição de substâncias e de misturas, seguida de uma discussão sobre os resultados obtidos. Na segunda parte, foi pedido que desenhassem, em cartolinas, imagens que expressassem suas ideias sobre de mudança de estado de determinado material escolhido pelo grupo, no nível submicroscópico. A partir das imagens produzidas pelos alunos, construíram-se três categorias referentes aos níveis de conhecimento químico expressos por eles: macroscópico, submicroscópico e simbólico.

## **INTRODUÇÃO**

É muito comum que os estudantes reclamem de que a Química é uma matéria chata e complicada. Provavelmente, isso se deva ao caráter fundamentalmente abstrato das dimensões simbólica e submicroscópica envolvidas na compreensão da linguagem da Química, o que dificulta o entendimento desse conteúdo. Por mais que o professor procure partir de algo observável, ou seja, macroscópico, quando há necessidade de uma interpretação submicroscópica, há um bloqueio para a compreensão dos estudantes, que o expressam dizendo ser essa dimensão algo complexo de imaginar e interpretar. Segundo Ben-Zvi, Eylon & Silberstein (1987), as compreensões submicroscópica e simbólica são especialmente difíceis para os estudantes porque são ou invisíveis, ou abstratas, enquanto o pensamento dos alunos seria construído predominantemente sobre a informação sensorial.

No ensino de Química, representações e modelos vêm sendo empregados com o objetivo de tornar as estruturas e os processos químicos mais visíveis, ou seja, para facilitar os processos de ensino e aprendizagem. Do ponto de vista metodológico, verificou-se que o método de modelagem propicia a participação ativa do estudante, facilitando sua aprendizagem. Assim, Ferreira e Justi (2008, p. 35) indicam que “o uso de estratégias de modelagem contribui para um ensino de Química mais autêntico, pois os alunos são capazes de perceber a ciência como um empreendimento humano, com suas limitações”.

Outra forma de incentivar e facilitar os processos de ensino e aprendizagem é através de abordagens multimodais, nas quais os estudantes (ou professores) utilizam-se de diferentes suportes semióticos para expressão dos conceitos, tais como: experimentos, textos, vídeos e imagens, por exemplo. “Estes fenômenos ampliam o sentido cognitivo quando são integrados pelas modalidades sensoriais com suas características visual, tátil, olfativa, auditiva e cinestésica” (SOUZA e ARROIO, 2012, p. 1).

## MODELOS E A MULTIMODALIDADE.

A importância do uso de modelos para o ensino de Ciências tem sido amplamente discutida na literatura, sendo que muitas dessas pesquisas mostram a importância da construção de modelos no ensino de Química (FERREIRA & JUSTI, 2008; GRECA & MOREIRA, 1996; JOHNSON-LAIRD, 1983; NORMAN, 1983).

Borges (1997) define modelo, de forma simples, como sendo algo que existe na mente de alguém, enquanto Johnson-Laird (1983), em estudos sobre representações, sugere que as pessoas raciocinam através de modelos mentais. Gilbert (2004) aponta que, embora o modelo mental de um indivíduo seja pessoal e inacessível para outras pessoas, quando ele é exteriorizado, ou seja, é expresso, pode ser compartilhado com um grupo social, por exemplo, um grupo de alunos. Quando aceito pelo grupo, torna-se um modelo consensual. Caso o modelo consensual seja trabalhado e aceito pela comunidade científica é, então, denominado modelo científico. Independentemente das diferentes designações, é de consenso que o emprego de modelos é essencial para a construção do conhecimento científico e para a facilitação da aprendizagem dos estudantes.

Apontamos, neste artigo, que o uso de diferentes formas de expressar os modelos, a multimodalidade, pode facilitar o entendimento dos conceitos, pois a diversidade de formas de expressão tende a alcançar maior número de estudantes, propiciando a eles maior interação conceitual. Segundo Klein e Kirkpatrick (2010 *apud* SOUZA e ARROIO, 2012) a multimodalidade, na perspectiva das diferentes representações e formas narrativas, tem sido objeto de atenção da comunidade acadêmica, podendo ser encarada como a 'terceira onda da alfabetização científica'.

O objetivo deste trabalho é o de relatar as principais falhas conceituais perceptíveis nos modelos submicroscópicos de estudantes do Ensino Médio sobre mudanças de estado físico, como também as divergências mais comuns em relação ao modelo científico.

## Metodologia

Este trabalho adotou uma metodologia de pesquisa qualitativa. Os instrumentos de coleta de informações foram as imagens produzidas pelos estudantes em cartolina, referentes a suas representações submicroscópicas sobre o comportamento dos materiais, além de entrevistas com eles, para esclarecimento de alguns detalhes sobre os desenhos. Optou-se por uma entrevista semi-estruturada, com gravação em áudio que, posteriormente, foi transcrito para uma melhor análise.

Essa investigação foi realizada em uma escola particular da cidade de São Paulo, com 32 alunos do 2º e 3º anos do Ensino Médio que se propuseram a participar deste trabalho de forma espontânea e com o termo de consentimento assinado pelos pais. Foram formados 13 grupos pelos próprios estudantes, sendo 7 duplas e 6 trios. A sequência didática teve início com um experimento acerca das temperaturas de fusão da naftalina e da parafina, para que os alunos pudessem perceber o comportamento de substâncias e misturas durante a mudança de estado físico. Seguiu-se outro experimento, em que se determinaram as temperaturas de ebulição, também de uma substância pura (água) e de uma mistura (água + glicerina), para que os alunos pudessem perceber se há (ou não) regularidades no comportamento dos materiais que permitam diferenciá-los empiricamente. Durante o experimento, os estudantes coletaram as informações e, depois, responderam a uma série de questões que, em

seguida, foram discutidas coletivamente para que eles compartilhassem e discutissem sobre as respostas e os dados coletados.

Após essa abordagem fenomenológica, no âmbito da dimensão macroscópica (experimento), seguida da discussão, foi realizado um encontro no qual se propôs que os alunos, nos mesmos grupos, produzissem, em cartolinas, imagens pictóricas sobre o processo de mudança de estado físico (PF/PE), abordando o nível submicroscópico dos fenômenos observados. Eles poderiam propor modelos para as substâncias ou as misturas, conforme escolhessem.

### Resultados e discussão das análises das cartolinas

No total, foram produzidas imagens em 13 cartolinas, sendo 1 por grupo, todas abordando ponto de fusão e ponto de ebulição de substâncias puras ou misturas.

A partir da análise das cartolinas, as imagens foram categorizadas com relação aos modelos apresentados considerando a descontinuidade da matéria. Consideramos como forma descontínua, neste trabalho, quaisquer representações que se aproximassem de partículas, tais como: bolas, quadrados, fórmula estrutural e o modelo bola/vareta. Das treze (13) cartolinas analisadas, doze (92%) apresentaram representações particuladas, enquanto somente uma (8%) indicou continuidade em suas imagens, conforme Figura 1.

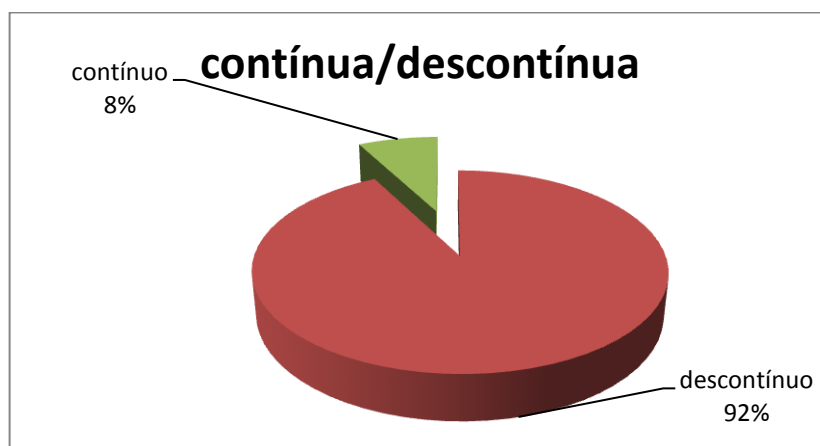



Figura 1: Classificação das imagens produzidas nas cartolinas de acordo com a continuidade da matéria.

Dos treze (13) grupos analisados, seis (6) apresentaram desenhos que poderiam sugerir diferentes modelos mentais, pois conduziam a interpretações dúbias durante as análises. Assim, foi feita uma entrevista extra, após o término da sequência didática, para melhores esclarecimentos. Esses resultados foram obtidos considerando-se as informações depreendidas dessa entrevista. A interpretação potencialmente ambígua das imagens adviu dos estudantes, além de representarem o processo de mudança de estado físico da água no nível submicroscópico de forma particulada, a indicarem como um fundo azul, conforme mostrado no Quadro 1. Um dos fatos que poderia ter acontecido nesse processo é que, os estudantes, no momento da produção das imagens, simplesmente tivessem recorrido à representação macroscópica, pois essa sequência didática foi trabalhada partindo do macroscópico (experimento), fazendo com que eles evocassem algo advindo do macro para, assim, configurar o submicroscópico.

Quadro 1 - Representação no domínio submicro de mudança de estado físico da água

Imagem – representação	Comentário
	O grupo indicou as moléculas de água com o modelo de bola/vareta, porém desenhou um fundo azul, como se algo completasse os espaços entre as moléculas de água. Outro fato que sugere a concepção de continuidade é a forma pela qual se representa a água no estado gasoso, indicando-a como uma “fumacinha”, fato visto também na produção de outros grupos.

Assim, durante a entrevista foi pedido que relatassem seus objetivos ao representarem as imagens na cartolina e, através dos discursos dos estudantes, que foram gravados e, depois, transcritos, as dúvidas foram sanadas, permitindo fazer-se a categorização mostrada. Dos seis (6) grupos que apresentaram as imagens que permitiam interpretações dúbias, somente um (1) relatou continuidade da substância. Nos outros grupos, quando interrogados acerca do que haveria entre as moléculas de água, os alunos apresentaram certo estranhamento quanto ao assunto.

Este resultado é animador, pois, Mortimer (2011), ao analisar as ideias atomísticas de estudantes, mostra que o principal empecilho para a construção do conceito de descontinuidade da matéria é a negação da possibilidade de existirem espaços vazios entre as partículas. No caso deste trabalho, apenas um dos grupos permaneceu mais firmemente aderido a essa ideia, como mostrado no excerto apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Trechos da entrevista sobre descontinuidade.

<p>Profª O que você acha que tem entre essas moléculas, tem alguma coisa?</p> <p>LS: Tem uma interação entre elas, para ficarem juntinhas.</p> <p>Profª Tá, mas entre uma molécula de água aqui e outra aqui, tem algo?</p> <p>LS: Não entendi.</p> <p>Profª É como se o fundo fosse um complemento da molécula? Ou você acha que entre uma molécula e outra não tem nada, é vazio?</p> <p>LS: Eu acho que deve ter algum fundo.</p> <p>Profª Então, MT, e você? Está vendo que tem um fundo azul? O que você simbolizou...</p> <p>MT: A água.</p> <p>Profª Você acha, tem duas opções, uma opção é que: você quis simbolizar assim, como se fosse um copo com água e daí as moléculas dessem um “zoom”.</p> <p>Profª A outra opção, seria: você fazer as moléculas, só que pensando que elas estão juntas, mas entre elas tem alguma coisa.</p> <p>MT: Ah, entre um espaço e outro tivesse alguma coisa?</p> <p>Profª Alguma outra coisa, fora a interação. Por exemplo, no estado líquido, tem uma molécula aqui e outra aqui, daí existe a interação que vocês falaram, mas nesse espaço vocês acham</p>
---

que tem outra coisa... Substância, ou é água líquida entre elas, sabe assim?

MT: Ah, para mim, acho que é água líquida, sei lá.

Prof<sup>a</sup> Ou tem espaço vazio entre as moléculas? São duas opções.

MT: Acho que para mim é água.

Prof<sup>a</sup>: Que está no meio?

MT: É

Prof<sup>a</sup> E você, LS?

LS: Eu também acho que é água.

Prof<sup>a</sup> Que está no meio? Ou é vazio?

LS: É também acho, porque não acho que fica um vazio, acho que é água mesmo.


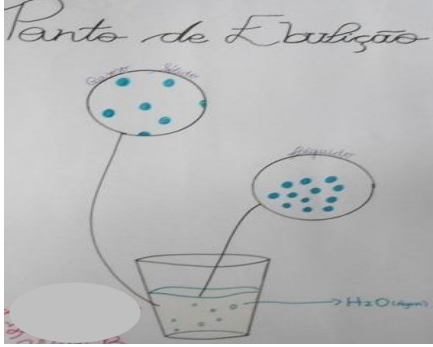
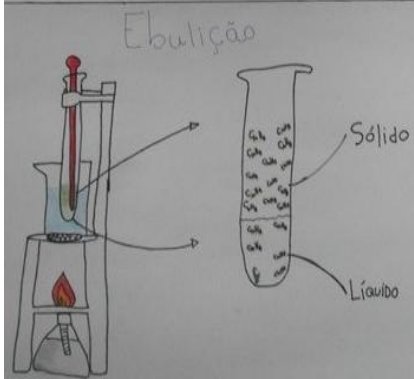
Já no trabalho de Mortimer (2011), grande parte dos estudantes evocou essa continuidade da matéria, possivelmente por se tratarem de estudantes do 9º ano, para os quais essa abstração seria ainda mais incômoda. Mortimer (2011) infere que existe a negação de espaços vazios pelos alunos e que a transição de características externas, ligadas a aspectos sensíveis, para características internas, ligadas a modelos, é um grande obstáculo a ser suplantado nos processos de ensino e aprendizagem. “Deve-se considerar que o abandono da ideia de continuidade é particularmente difícil, pois supõe renunciar, em grande parte, às ideias advindas dos sentidos, em direção a um pensamento mais abstrato, modelizado e coerente” (FERNANDEZ e MARCONDES, 2006, p.23).

Deu-se prosseguimento à categorização das imagens, considerando-se os níveis cognitivos em que o conhecimento químico pode ser expresso, sendo eles: macroscópico, submicroscópico e simbólico (Johnstone,2000). A categorização emergiu da análise das imagens produzidas pelos estudantes e das entrevistas realizadas com os grupos, indicando o uso de mais de um nível de representação na mesma imagem, como já apontado por Kiill (2009), onde segundo autora informa que, representações de fenômenos químicos certamente irão indicar mais de um tipo de representação.

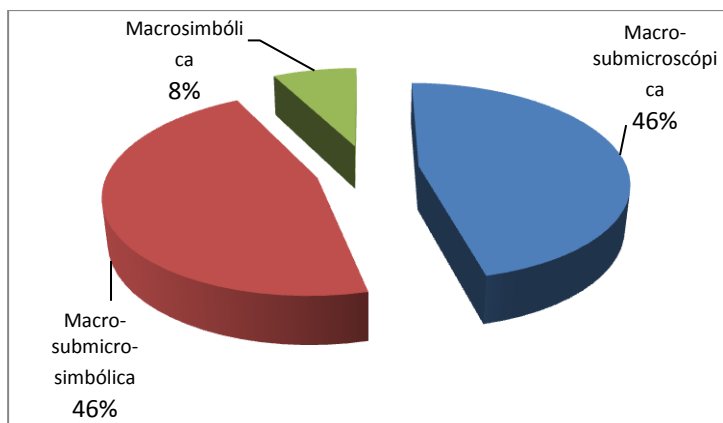
Nessa perspectiva, utilizamos a categorização descrita no Quadro 3: macro-submicroscópica (macroscópica + submicroscópica), macro-submicro-simbólica (macroscópica + submicroscópica + simbólica) e macro-simbólica (macroscópica + simbólica). Essa caracterização foi também indicada por Kiill (2009) em suas pesquisas sobre análise de imagens nos livros didáticos de Química acerca de equilíbrio químico.

Entre as imagens produzidas nas cartolinas pelos estudantes dessa pesquisa, 46% apresentam representação macro-submicroscópica, 46%, macro-submicro-simbólica e, 8%, macro-simbólica (Figura 2).

Quadro 3: Taxonomia para a categorização das imagens

Categorias	Descrição	Exemplo
Macro-submicroscópica	<p>Representação que indica aspectos macroscópicos e sub-microscópicos.</p> <p>Na imagem, há a presença do gelo (macro) com as partículas representadas no estado sólido.</p>	
Macro-submicro-simbólica	<p>Representação que indica os aspectos macroscópico, submicroscópico e simbólico.</p> <p>Na imagem, há um copo (macro), as partículas (submicro) indicando seu comportamento nos diferentes estados físicos e a fórmula da água (simbólico).</p>	
Macro-simbólica	<p>Representação que indica os aspectos macroscópico e simbólico.</p> <p>Na imagem, há a presença do tubo de ensaio (macro) e das diferentes fases do material, além das fórmulas moleculares (simbólico).</p>	

Um resultado relevante das pesquisas de Kiill (2009) é o de que poucas imagens correlacionam as três dimensões do conhecimento químico, como sugerido por Johnstone. Kiill indica que, dentre as 5.938 ilustrações analisadas, somente 581 indicaram correlações dimensionais, que foram: 115 no macro-submicroscópico, 226 no macro-simbólico, 198 no submicro-simbólico e 42 no macro-submicro-simbólico, ou seja, a menor parte é a que correlaciona os três níveis do conhecimento, contradizendo as indicações de Johnstone (2000), pois segundo esse autor, um entendimento completo dos fenômenos químicos se dá com a integração desses 3 níveis.



**Figura 2: Classificação das imagens produzidas nas cartolinas de acordo com a dimensão do conhecimento químico.**

Para Mortimer (2011), há uma dificuldade do estudante em transitar entre as observações fenomenológicas e as explicações atomistas, ou seja, em fazer relações entre os modelos particulados e o comportamento dos materiais nos diversos fenômenos. “Os alunos interpretam a estrutura da matéria a partir das propriedades macroscópicas da mesma, com ideias cercadas de um mundo real e pouco utilizam o modelo científico em suas explicações” (MARTORANO; CARMO, 2013, p. 238).

É importante ressaltar a importância do uso de representações no domínio submicroscópico no ensino de Química, porém com explicações coerentes, consistentes e completas para que não sejam formados modelos errôneos ou ambíguos, já que essas falhas conceituais, muitas vezes, não são percebidas durante as aulas, pois, geralmente, o professor acha ser óbvia a concepção de que há espaços vazios entre as partículas. Fernandez e Marcondes (2006) indicam que, tanto nos textos como em sala de aula, as representações submicroscópicas são representadas de diversas formas: como círculos, bolas separadas ou juntas, supondo que os estudantes compreendam facilmente o que isso significa (diferentes modelos com diferentes propósitos) o que, sem maiores explicações, pode gerar confusões para os alunos.

Outro fato relevante evidenciado por este trabalho refere-se a um grupo que, *a priori*, parecia ter feito uma representação substancialista, pois foram atribuídas características macroscópicas às partículas, fazendo moléculas de água no estado sólido menores em relação ao estado líquido (Quadro 4).

**Quadro 4: Representação macrosubmicroscópica de mudança de estado físico.**

Imagem – representação	Comentário
	<p>A princípio parecia ser uma representação mista, onde havia o contínuo com o descontínuo e também com propriedades substancialistas, já que atribui propriedades da substância às partículas. Ainda havia a dúvida se a mudança da representação, ora indicando 2 átomos de hidrogênio com 1 de oxigênio e depois somente uma bola, se era denotação da quebra da molécula de água.</p>

Durante a entrevista do grupo que apresentou tal característica em suas imagens, o discurso segue por outro raciocínio, sendo indicado pelo grupo ser somente a imagem partindo-se do macro para o submicro e que a mudança da forma representativa não era alteração da molécula da água, já que no estado sólido continuaria sendo H<sub>2</sub>O, como mostrado no excerto da entrevista apresentada no Quadro 5. Sobre a mudança de tamanho da representação das moléculas, o grupo justificou sendo algo mais estético. Esse fato mostra o quão é importante a entrevista para análise de uma representação, pois esta pode indicar diferentes interpretações.

#### Quadro 5: Trechos da entrevista em relação ao substancialismo

GS: Na verdade foi tipo para saber ... elas encolhidinhas, juntas, assim, porque se fizesse maiorzinha não sei se, visualmente, ficaria bom, entendeu? Foi mais estético do que outra coisa.

Prof<sup>a</sup> Tá, mas agora independente do desenho, então, você acha que quando elas estão no estado líquido e no sólido, o que muda?

GS: Bom muda... Acho que elas ficam mais próximas, mas acho que não tem alteração do tamanho.

Prof<sup>a</sup> Você acha que o tamanho da molécula fica igual, tanto no estado líquido quanto no sólido?

GS: Acho que sim.

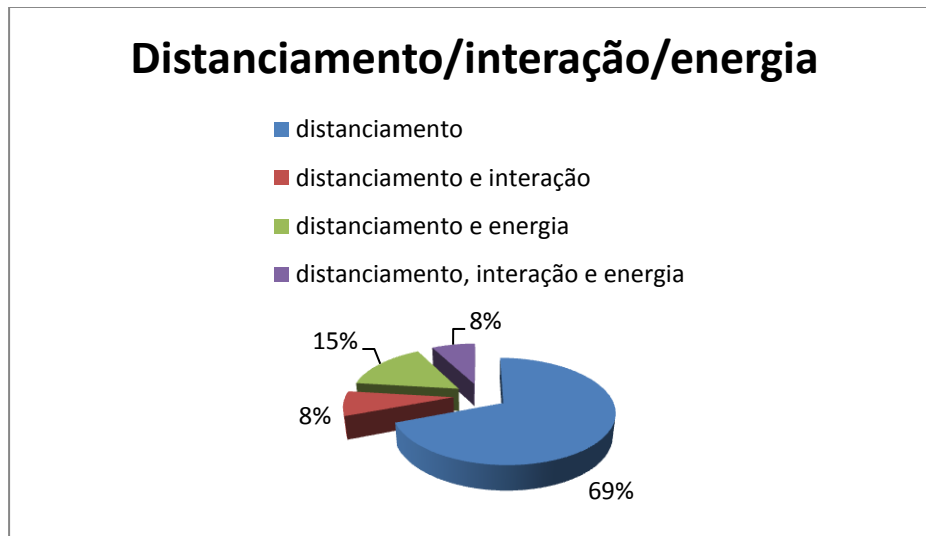
Este resultado também não corrobora o verificado anteriormente (Mortimer, 2011), pois verificou-se naquele trabalho o surgimento de ideias substancialistas, em que, segundo autor, o comportamento de seres vivos e/ou as propriedades da substância são atribuídos a átomos e moléculas. “Não só no desenho, mas também nas explicações fornecidas pelos alunos, apareceram vários tipos de observações substancialistas: a de que partículas do líquido são menos densas que as do sólido; de que as partículas ficam menos densas quando o ar se dilata, etc” (MORTIMER, 2011, p. 208).

Os outros 5 grupos que representaram imagens com interpretações ambíguas descreveram ter indicado algo partindo do macro para o submicro, declarando estranheza que entre as moléculas poderia haver algo, além das interações moleculares e espaços vazios. Ou seja, nessa categorização, somente um grupo indicou a continuidade da matéria e nenhum informou ideia substancialista, diferenciando novamente do trabalho do Mortimer (2011) onde alguns estudantes apontaram visões substancialistas em suas explicações submicroscópicas.

Outra inferência que surgiu da análise das cartolinas foi em relação ao distanciamento, interação entre as partículas e a energia envolvida no processo. Todos os grupos indicaram, na imagem da cartolina e/ou no discurso da entrevista, nesta fase da sequência didática, o distanciamento das partículas nos diferentes estados físicos, o que nos permite inferir que eles têm ciência da movimentação das partículas nos diferentes estados físicos, porém, em relação à interação intermolecular, essa ideia aparece presente apenas no discurso de 2 grupos. Sobre a quantidade de energia vinculada às mudanças de estado físico, 2 grupos ressaltam este fator. Não se pode afirmar que os estudantes que, por exemplo, não citaram em seus discursos, ou em suas imagens, que a quantidade de energia fornecida interfere no espaçamento entre as partículas, significa que não pensem nesse aspecto, porém, é importante destacar que durante as explicações de seus modelos não houve menção a tais aspectos.



Sendo assim, 69% dos alunos ressaltam somente o distanciamento, não vinculando nenhum outro fator ao comportamento de seus modelos, porém 15% indicam, além do distanciamento, o fator energia participante no processo, outros 8% ressaltam a interação entre as moléculas, além do distanciamento, e por fim, 8% conseguem inter-relacionar distanciamento, energia e interação em suas explicações, conforme indicado na Figura 3.



**Figura 3: Classificação das imagens da cartolina de acordo com o distanciamento/interação/energia.**

Durante as entrevistas, não houve um questionamento direto em relação ao dinamismo das partículas ou se há ou não energia envolvida no processo de mudança de estado físico. Os estudantes foram questionados em relação a seus modelos, sendo pedido que simplesmente explicitassem, com detalhes, suas representações em relação ao ponto de fusão e de ebulição do material escolhido, porém achamos pertinente a informação dos termos energia e interação não estarem tão presentes no discurso, já que são fatores importantes no processo de mudança de estado físico. Mortimer (2011) aponta que, quando é inserida a explicação de modelos atômicos, geralmente os átomos são representados por esferas e as reações passam a ser representadas por equações com o uso de símbolos e fórmulas, não sendo muito discutido que a matéria é constituída por partículas que se movimentam nos espaços vazios para a interpretação de diversos fenômenos cotidianos, como a mudança de estado físico, a compressão e dilatação dos líquidos e gases. Ainda segundo esse autor, comumente se presume que os alunos já possuem essa visão atomista científica o que, na maioria das vezes, não é verdadeiro, e que os estudantes até 'aprendem' modelos mais sofisticados para a matéria, no entanto, não conseguem estabelecer relações entre as propriedades de sólidos, líquidos e gases e a organização, distância e força de interação das partículas por um modelo atomista (MORTIMER, 1995).

Um exemplo disso, nessa fase da sequência didática, foi o fato dos grupos que representaram as moléculas de água nos diferentes estados físicos, não levarem em consideração que, no estado sólido, suas partículas ficam mais distantes do que no estado líquido, tornando o sólido, portanto, menos denso que o líquido, ou seja, demonstraram dificuldades em relacionar características de um modelo atomista às propriedades dos materiais: o gelo flutua na água líquida.

Outra hipótese para o não surgimento desses conceitos é o fato da não familiarização com a linguagem científica, pois pode haver dificuldades para a

interpretação das ideias e a utilização dos termos corretos num determinado contexto, ou seja, às vezes o estudante até entende o processo, mas não consegue articular as palavras coerentes para tais explicações. Há de se salientar que a linguagem científica, segundo alguns autores (VILLANI e NASCIMENTO, 2003; OLIVEIRA et al., 2009), está vinculada ao conhecimento científico, portanto, partindo desse pressuposto, os estudantes aqui apontados não teriam adquirido realmente o domínio do conteúdo abordado na produção das imagens da cartolina. Para Oliveira et al. (2009), a linguagem científica desenvolve o pensamento científico e, com a maior problematização deste, maior o domínio da linguagem, transformando-se em um valioso instrumento de desenvolvimento dos processos cognitivos e da própria construção do conhecimento. Ainda segundo Oliveira et al. (2009), muitas das dificuldades com a linguagem científica se devem, geralmente, a ela ser muito diferente da linguagem vulgar, fazendo com que a aprendizagem da Ciência escolar seja uma experiência incompreensível para os estudantes e, ainda, que sua simplificação e subjetividade transforme-se em um obstáculo epistemológico, afetando o conhecimento científico. “Para se compreender a Ciência é necessário um conhecimento da linguagem científica, não só no que respeita ao seu vocabulário, mas também ao seu processo de pensamento.” (OLIVEIRA et al., 2009, p. 22) É sabido que, usualmente, os termos inseridos para significar os conceitos científicos ou não fazem parte do cotidiano do estudante, portanto sendo mais difícil sua apropriação, ou têm significado diverso daquele do dia a dia, como é o caso de equilíbrio e outros termos polissêmicos. Isso dificulta a apreensão adequada dos sentidos que se pretende atribuir a esses termos, sendo necessário negociar os novos sentidos, pois aquilo que se torna mais comum para os sujeitos é mais facilmente aceito e aprendido, pois torna-se compreensível.

## Conclusões

No desenvolvimento dessa pesquisa, vimos a importância de transitar entre os diferentes níveis de representação, macroscópico, simbólico e submicroscópico (JOHNSTONE, 2000), porém percebemos o quão difícil é para os estudantes expressarem seus modelos. Concluímos que isso se deve à pouca utilização e valorização do uso de modelos submicroscópicos no ensino, pois percebemos que, para os alunos participantes desta pesquisa, foi uma grande novidade trabalharem segundo essa perspectiva. Mesmo com essa dificuldade inicial, os estudantes apresentaram modelos coerentes, porém com algumas falhas conceituais, como por exemplo, a disposição espacial das partículas. Importante ressaltar que todos os grupos indicaram o distanciamento entre as partículas nos diferentes estados físicos, porém aqueles que representaram a molécula da água não se atentaram ao comportamento anômalo em relação à densidade, ou seja, o sólido ser menos denso que a água líquida e, ainda, quando indagados sobre o assunto demonstraram perplexidade, ou seja, eles têm dificuldade de relacionar fatos macroscópicos, sensoriais, a modelos submicroscópicos, visto que essa relação, também não é tão explorada em salas de aula.

O uso de mais de um nível de representação nas imagens produzidas, nos faz pensar que o estudante vincula diferentes dimensões do conhecimento químico com o objetivo de melhorar o entendimento; a indicação da dimensão macroscópica em todas as imagens nos permite inferir que os estudantes necessitam desse apoio para a representação dos outros níveis, como se o macro alavancasse, por exemplo, a produção da dimensão submicroscópica.

Em relação à descontinuidade da matéria, emergiram resultados interessantes... Nas imagens produzidas *a priori* havia 6 grupos, dos 13 participantes, que indicaram representações mistas, ou seja, as moléculas de água de forma particulada, porém com um fundo azul, indicando uma continuidade, mas após entrevista verificamos que apenas 1 grupo pensava em algo contínuo. Já, os outros, indicaram o fundo azul como sendo apenas uma representação do macro, e que entre as partículas de água não existia nada, somente espaços vazios.

O uso da multimodalidade foi muito importante, pois o estudante pode, além de entender macroscopicamente o comportamento dos diferentes materiais na mudança de estado físico, elaborar esse processo submicroscopicamente fazendo-o participante e ativo na construção do seu conhecimento. Ressaltamos, também, a importância da modalidade discursiva no processo, pois o aluno pode explicitar seus modelos complementando as informações expostas em suas imagens.

Apesar de todos os grupos citarem o distanciamento das partículas nos diferentes estados físicos, não houve muitas evocações em relação à energia e interação molecular, mas é importante salientar que isso não indica que os estudantes não têm o entendimento dessas propriedades, porém é interessante apontar que tanto nas imagens, como nos discursos, esses termos não foram recorrentes. Talvez isso se deva ao fato do conteúdo, em geral, ser fornecido de forma tão compactada e desvinculada que dificulte as interações de informações de determinados conteúdos.

Com os dados deste trabalho, vemos a importância de explicações que valorizem as dimensões submicroscópicas, no entanto, com modelos possíveis de serem propostos e compreendidos pelos alunos, para que eles não façam interpretações errôneas, construindo assim modelos mentais dissonantes do modelo científico escolar.

A dificuldade com o uso da linguagem científica também é evidenciado pelos resultados deste trabalho, e que merece, portanto, maior atenção no ensino de Química, pois foi identificado, nos discursos dos alunos, que, muitas vezes, eles até tinham o entendimento contextual, porém apresentavam dificuldades na utilização dos termos corretos e coerentes. Assim sendo, vemos aqui a oportunidade de pesquisas que apontem meios para a valorização da utilização racional da linguagem científica entre os discentes, já que está vinculada ao conhecimento. Ressaltamos, também, a importância de pesquisas que indiquem o motivo da não utilização recorrente das representações submicroscópicas em relação aos outros níveis do conhecimento químico.

## Agradecimentos

Agradecemos aos alunos participantes da pesquisa e a CAPES pela bolsa concedida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BORGES, A. T. **Modelos mentais.** In: XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 1997, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Física, 1997.

FERNANDES, C., MARCONDES, M. E. R. **Concepções dos Estudantes sobre Ligação Química**. Química Nova na Escola, n. 24, p. 20–24, 2006.

FERREIRA, P.; JUSTI, R. **Modelagem e o “Fazer ciência”**. Química Nova na Escola, 28, p. 32-36, 2008.

GILBERT, J. K., **Models and Modelling**: Routes to More Authentic Science Education, International Journal of science and mathematics Education, v. 2, p. 115-130, 2004.

GRECA, I. M. & MOREIRA, M. A. **Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 1, n.1, p. 95-108, 1996.

JOHNSON-LAIRD, P. **Mental Models**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

JOHNSTONE, A. H. **Chemical education research: where from here?** University Chemistry Education, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.

KIILL, K. B. **Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico**. 2009. 278 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

MARTORANO, S. A. A.; CARMO, M. P. **Investigando as Ideias dos Alunos do Ensino Médio sobre a Matéria**. Semina, v. 34, n. 2, p.237-244, 2013. Universidade Estadual de Londrina.

MOREIRA, M. A. **Modelos mentais**. Investigações em Ensino de Ciências, v.1, n.3, p. 193-232, 1996.

NORMAN, D.A. **Some observations on mental models**. In: GENTNER, D: STEVENS, A.L. (Ed) Mental Models. Hillsdale, N J: Lawrence Erlbaum Associates, p. 6-14, 1983.

OLIVEIRA, T. et al. **Compreendendo a aprendizagem da linguagem científica na formação de professores de ciências**. Educar, Curitiba, v. 1, n. 34, p.19-33, 2009

SOUZA, D. D. D.; ARROIO, A. **Explorando a aprendizagem multimodal em aulas de química: o caso do equilíbrio químico**. 2012. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/8075>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. **A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 8, n. 3, p. 187-209, 2003.